

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE CIVIL**



**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO
DE INGENIERO CIVIL**

TEMA

**“MODELO DE REGISTRO DE INFRAESTRUCTURA VIAL
EN LA CIUDAD DE QUITO”**

DANIEL ANDRES VEGA CASTRO

DIRECTOR: ING. FREDI PAREDES

Año Lectivo 2013 - 2014

Contenido

RESUMEN EJECUTIVO.....	6
Justificación.....	8
Alcance.....	9
OBJETIVOS.....	10
OBJETIVO GENERAL.....	10
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	10
METODOLOGÍA.....	11
OPERACIONALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	11
PROCEDIMIENTO.....	12
MARCO METODOLÓGICO.....	12
CAPÍTULO I.....	14
GENERALIDADES Y ANTECEDENTES.....	14
1.1. INTRODUCCIÓN.....	14
1.2. INFRAESTRUCTURA VIAL.....	16
1.2.1. Modelo de Mannheim.....	17
1.2.2. Modelación de las relaciones.....	18
1.2.3. Metodología de análisis de Sistemas.....	20
1.2.4. Normativas en la Infraestructura Vial.....	21
1.2.5. Elementos comunes en el registro vial.....	22
1.2.6. Señalización Vial.....	23
1.3. GESTIÓN DE PAVIMENTOS.....	26
1.3.1. ¿Qué es un Sistema?.....	26
1.3.2. Niveles de Administración de Sistemas.....	30
1.3.3. Sistema de Gestión de Pavimentos.....	31
1.4. Los pavimentos como elementos básicos de la infraestructura vial.....	35
1.4.1. Clasificación de los pavimentos.....	35
1.5. GESTIÓN A NIVEL DEL PROYECTO.....	38
1.5.1. Requerimientos básicos de información para una buena gestión de pavimentos.....	40
1.5.2. Datos del inventario.....	45
1.5.3. Importancia de la serviciabilidad de pavimentos.....	46
CAPÍTULO II.....	48
2. Requerimiento de datos.....	48
2.1. Tipos de Auscultación:.....	50

2.2. Método de MINVU de ascultación visual	52
2.3. Propuesta del formulario	52
CAPÍTULO III.....	66
3. Descripción del carácter de estudio del Modelo de Registro Vial.....	66
3.1.2. Población y Muestra.....	66
3.3 Procedimiento	67
3.4 Procesamiento y Análisis.	67
3.5 Análisis e Interpretación de Resultados.	67
3.5.1 Señalización.....	67
3.5.2 Información General del Pavimento.	68
3.5.3 Información de Alcantarillas.....	71
3.5.4 Información de Puentes.	72
3.5.5 Eventos.....	73
3.6 Comprobación de la Hipótesis	73
CAPÍTULO IV	74
4.1 CONCLUSIONES.....	74
4.2 RECOMENDACIONES	75

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Tipos de Pavimentos	37
Tabla 5: Clase de datos políticos.....	43
Tabla 7: Clases de datos del medio ambiente	44
Tabla 8: Clases de datos de costos.....	44
Tabla 9: Tipos de Ascultación	50
Tabla 11: Señalización.....	54
Tabla 12: Información general del pavimento.....	55
Tabla 13: Calificación de la serviciabilidad según AASHO	56
Tabla 14: Fallas en pavimentos asfálticos	57
Tabla 15: Descripción de espaldones.....	60
Tabla 16: Fallas en pavimento de hormigón	61
Tabla 17: Información de Alcantarillas	62
Tabla 18: Información de puentes	63
Tabla 19: Información de eventos.....	64
Tabla 20: Estado de los elementos de Señalización.	67
Tabla 21: Tipo de superficie de rodadura	68
Tabla 22: Estado de la superficie de rodadura	69
Tabla 23: Tipo de alcantarilla.....	71
Tabla 24: Estado de alcantarilla	71
Tabla 25: Ubicación de puentes inventariados	72
Tabla 26: Tipos y dimensiones de puentes inventariados.....	72
Tabla 27: Eventos encontrados en el área de estudio	73

INDICE DE FOTOGRAFIAS

Fotografía 1: Tranvía Av. Colón	80
Fotografía 4: Drenes.....	81
Fotografía 2: Plataforma.....	80
Fotografía 3: Alcantarillado.....	81
Fotografía 5: Talud	82
Fotografía 6: Puentes	82
Fotografía 8: Señales verticales reglamentarias.....	83
Fotografía 9: Señales verticales informativas.....	84
Fotografía 10: Señales especiales delineadoras	84
Fotografía 12: Señales transversales.....	85

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Relaciones entre datos y base de datos (Haas, 1993)	41
Figura 2. Tipo de superficie de rodadura.	68
Figura 3. Estado de la Superficie de Rodadura (m ²)	70
Figura 4. Estado de la Superficie de Rodadura (%)	¡Error! Marcador no definido.
Figura 5. Estado de las alcantarillas.	¡Error! Marcador no definido.

INDICE DE GRAFICOS

Gráfico 1: Zona comprendida entre las calles Patria, 12 de Octubre, Luis Cordero y Av. 6 de diciembre.
..... 13

Gráfico 10: Porcentaje de perdida de áridos..... 59

Gráfico 11: Porcentaje de exudación..... 59

Gráfico 12: Zona de Estudio..... 66

Gráfico 13: Tipo de superficie de rodadura 68

Gráfico 14: Estado de la superficie de rodadura 70

Gráfico 15: Estado de la superficie de rodadura (en porcentaje)..... 70

Gráfico 16: Estado de las alcantarillas (en porcentaje) 72

RESUMEN EJECUTIVO

La ciudad de Quito, capital de los ecuatorianos, se encuentra en la zona sierra, en la provincia de Pichincha, al Noroeste del Ecuador. Tiene una extensión de 422800 hectáreas y posee un clima templado frío a una altura que varía de 1533 m hasta los 3737 m sobre el nivel del mar. Su población cuenta aproximadamente con 2,4 millones de habitantes, distribuidos en 32 parroquias urbanas y 33 parroquias rurales del cantón Quito.

Quito está distribuido en tres grandes zonas, la parte central tradicional con sus íconos representativos, como son las iglesias San Francisco, La Compañía, Santo Domingo, y La Catedral, entre otras. Es aquí donde se encuentran los barrios populares de San Blas, San Sebastián, La Ronda y San Roque. La zona sur, caracterizada por tener una alta población popular, consta del sector de la Villaflora, El Recreo, Guamaní y zona Quitumbe, últimamente está despuntando en su desarrollo de infraestructura vial y comercial. Y, por último, la zona norte, conocida por su alto desarrollo comercial, especialmente con la construcción de edificios, es la zona más desarrollada de Quito. Entre sus sectores más importantes se encuentran la avenida Amazonas y sus edificios de atracción turística; La Carolina, que es un parque de recreación; centros comerciales de primer orden; y la Mariscal, sitio de esta investigación, entre otros.

El tema a estudiar es cómo tratar un Modelo de Registro Vial de la ciudad de Quito. Se realizará un bosquejo de cómo se encuentran las calles de Quito, en especial en la parte del sector de la Mariscal.

De acuerdo a datos publicados en los medios de comunicación, se logró identificar los principales factores que afectan al pavimento en calles de la ciudad. Principalmente se producen fallas y deterioros en el elemento mencionado debido a malos trabajos por parte de los contratistas, falta de fiscalización por parte del contratante; mala calidad de materiales y sobrecarga de tráfico pesado en vías que no contemplaron esas cantidades en su diseño. Además del malestar que tienen los usuarios por la congestión vehicular que se genera, la preocupación aumenta ya que estas fallas son causantes de muchos accidentes de tránsito.

Según la publicación Rolando Vila, director del laboratorio de Carretera de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Católica Santiago de Guayaquil, sugiere el uso de pavimento rígido de hormigón, ya que es uno de los de mayor resistencia.

En el régimen del actual gobierno se ha dado la disposición de utilizar el concreto hidráulico (pavimento de hormigón)

Según el artículo 55 del Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización (Cootad), los municipios tienen la obligación de planificar, construir y mantener la vialidad urbana en las ciudades.(telegrafo, 2014:1).

Con estas observaciones indicadas a breves rasgos, y demás aspectos socio culturales y económicos que tiene el desarrollo de una ciudad, se aportará con este trabajo para desarrollar un sistema de registro práctico de vías.

Justificación

La presente disertación, tratará sobre el Modelo de Registro Vial de la ciudad de Quito, apoyándose en los conceptos básicos de la gestión de la infraestructura aplicada en el campo de las estructuras viales.

Esta idea surgió a partir de un estudio universitario acerca del re-diseño de cierta vía de Quito. Al tratar de recolectar información sobre este tema de las entidades pertinentes, como son el Ministerio de Obras Públicas y/o el Municipio de Quito, no se obtuvo respuesta. Por otro lado, se debe aclarar que solamente existen datos y consultorías realizados a nivel privado, porque obviamente hay intereses particulares de por medio. Claramente, se puede observar la ausencia significativa de datos, o por lo menos, de estudios en proceso sobre esta materia, y más aún, con el enfoque que se plantea en esta disertación.

Como se mencionó antes, se empezará desde un nivel general de la infraestructura vial, la cual tiene como objetivo conservar por un periodo de tiempo las condiciones de seguridad, comodidad y capacidad estructural adecuadas para la circulación. Como objetivo, se buscará usar información segura y consistente para desarrollar criterios de decisión, otorgar alternativas realistas y contribuir a la eficiencia en la toma de decisiones. Intentar conseguir un sistema adecuado de registro de vías en un solo paso es una tarea imposible; por lo tanto, la clave es establecer etapas para desarrollar un sistema de registro apropiado y eficiente.

En su inicio, una gestión integral de mantenimiento de los elementos de la infraestructura vial puede comenzar con su elemento más representativo: el pavimento. Sin embargo, es importante ir agregando de forma progresiva las herramientas que permitan gestionar la conservación de todos los demás elementos que entreguen al usuario una vía de operación segura, y con un costo que vaya de la mano a la realidad socioeconómica del país.

El punto más importante de este estudio es establecer un Modelo de Registro de Vías, para lo cual se precisa generar los instrumentos de campo que permitan abrir paso o den inicio al proceso que concluirá con el cumplimiento de las metas planteadas.

Esto significa que al finalizar este trabajo, toda la información será de gran utilidad para apoyar técnica y objetivamente en la toma de decisiones respecto a las inversiones, para que en el futuro se puedan realizar en infraestructuras viales de la ciudad. Esto, lógicamente, permitirá brindar un nivel de servicios que vaya acorde a las necesidades de los usuarios.

Alcance

Se pretende generar un instrumento de campo necesario para realizar un levantamiento de infraestructura vial, para hacer un Modelo de Registro de los Elementos y el estado de las vías. Esto, sin tomar las muestras de las vías de toda la ciudad de Quito. Para el registro propuesto se realizarán formularios modelos con los cuales se facilitará la toma de datos y, posteriormente, la generación de una base de los mismos.

Se tomarán como referencia algunas vías con el fin de demostrar el uso del sistema propuesto en esta tesis. Con los resultados obtenidos en el trabajo práctico, se hará un análisis estadístico y comparativo, que permitirá llegar a las conclusiones y recomendaciones respectivas al término del trabajo.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

- Generar un modelo de campo que permita hacer el levantamiento de la infraestructura vial, este es el Modelo de Registro de Vías para la ciudad de Quito.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Generar un instrumento de campo con el cual se pueda hacer un levantamiento de la estructura vial y una base de datos.
- Garantizar por un período de tiempo las condiciones de seguridad, comodidad y capacidad estructural adecuadas para la circulación, soportando las condiciones climáticas y del entorno.
- Asegurar la eficiencia de los trabajos futuros que se vayan a realizar en las vías.

METODOLOGÍA

OPERACIONALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

La información requerida para llevar a cabo la investigación parte de los conceptos básicos del pavimento y sus sistemas de gestión; los pavimentos, como elementos básicos de la infraestructura vial; y, por último, abarcará todos los conceptos hasta llegar a la infraestructura vial.

Todos los criterios aportados por los temas antes mencionados serán de ayuda para elaborar de manera eficiente el sistema de registro de datos específicos de las vías, y además, permitirán resaltar la importancia de esta base de datos, que es el punto de partida hacia sistemas de gestión vial de mayor envergadura.

Las recomendaciones y el criterio técnico serán apoyadas, en su mayoría, por los manuales “AASHTO Guide for Design of Pavement Structures” y “AASHTO Guidelines for Pavement Management System”.

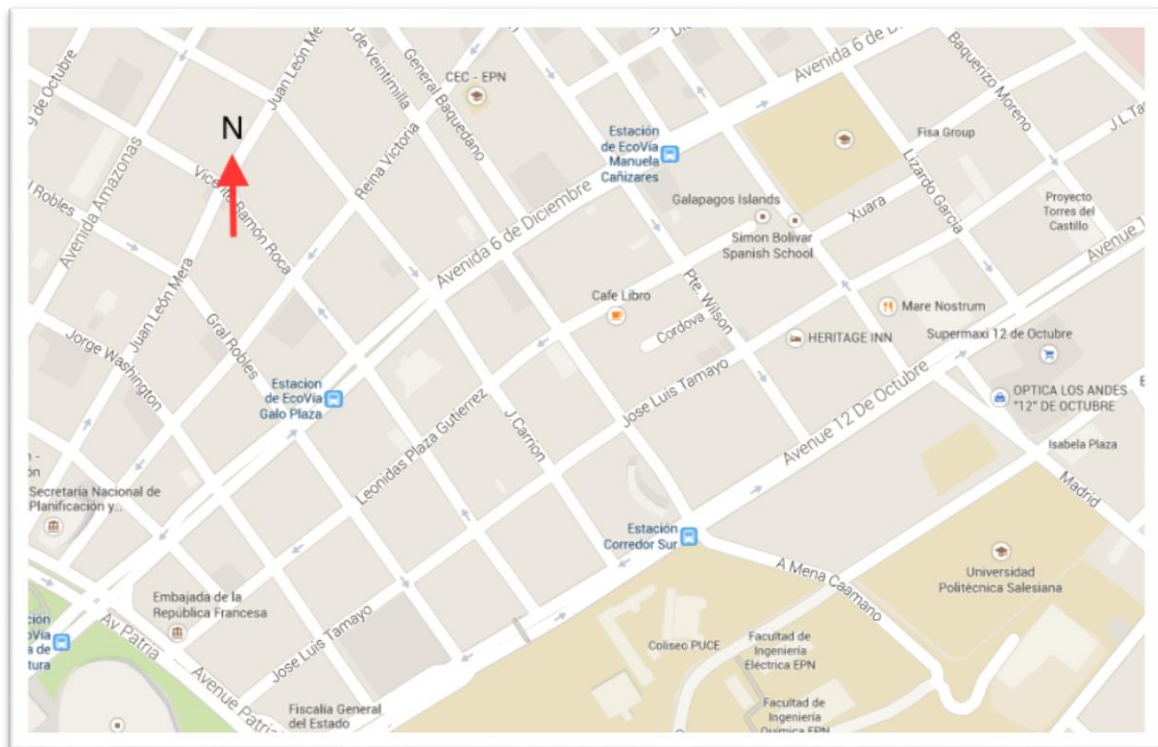
PROCEDIMIENTO

MARCO METODOLÓGICO

Inicialmente, se realizará una investigación sobre las generalidades de la infraestructura vial y la gestión de pavimentos. Este estudio es importante, pues desde aquí se obtendrá un Modelo de Registro de la Infraestructura Vial, que servirá como la herramienta sustancial para establecer una base de datos.

La información será recolectada de un sitio específico, geo referenciado, dentro de la ciudad de Quito. En este caso es la zona comprendida entre las calles Patria, 12 de Octubre, Luis Cordero y Av. 6 de Diciembre, con el fin de presentar el registro de valores reales. Una vez revisada la información conseguida, esta será documentada, y así será posible sentar una base de datos. Después, se propone la aplicación práctica de esta herramienta, que se espera sirva como punto de referencia para evaluar los resultados y, por consiguiente, estimar el potencial del sistema propuesto; analizar sus ventajas y desventajas; y las limitaciones que se pueden presentar. Todos estos aspectos serán parte relevante en el reporte final de todo este estudio.

Gráfico 1: Zona comprendida entre las calles Patria, 12 de Octubre, Luis Cordero y Av. 6 de diciembre.



Fuente: Google Maps
Elaborado por: Daniel Vega

CAPÍTULO I

GENERALIDADES Y ANTECEDENTES

1.1. INTRODUCCIÓN

El siguiente trabajo de investigación, acerca del Modelo de Registro Vial de la ciudad de Quito, tendrá como argumentos de base los conceptos básicos de gestión de la infraestructura, aplicada en el campo de las estructuras viales.

La zona a ser investigada en la presente disertación se encuentra dentro de la parroquia Mariscal Sucre, conocida como “La Mariscal”. Esta zona forma parte importante de la historia de la ciudad de Quito. Antes del siglo XIX fue un sector dedicado únicamente a los cultivos y a inicios del siglo XX se inició la expansión al norte de la ciudad mediante estas calles.

Hasta mediados del siglo XIX el sector se encontraba fuera del límite urbano de Quito, siendo nada más un conjunto de tierras dedicadas a la agricultura y pastoreo sin relevancia aparente para urbanizarlas. A finales del siglo XIX la familia Jijón, Condes de Casa Jijón, construyeron la primera villa en las tierras que habían adquirido a la comunidad indígena de Santa Clara de San Millán.(esacademic,2014:1)

En el año 1893 la familia Jijón inaugura su propiedad se la registra con el nombre Palacio de La Circasiana. El objetivo de la familia fue atraer a las personas acaudaladas de la ciudad hacia un nuevo sector que se encuentre menos atestado y con una mejor organización.

El sector es reconocido oficialmente como “Mariscal Sucre” en el año 1910, en honor al Gran Mariscal de Ayacucho. Se destacaba por sus lujosas edificaciones y como estuvo previsto, las personas más importantes de la ciudad residían allí, a partir de 1912 se crea una ruta para el tranvía, ubicando su estación de transbordo sobre la avenida Colón; en 1920 el tranvía llega al sector y con él los primeros comerciantes que desarrollaron sus negocios en esa zona.(Ver Fotografía 1)

Los jardines y zaguanes del lugar se convirtieron rápidamente en zonas de comercio ya que ahí se descargaba la mercadería al mismo tiempo se los utilizaban como locales provisionales.

Continuando con la historia, en 1957 se inauguró el primer supermercado de autoservicios del país llamado La Favorita, ubicado en la avenida Amazonas. Gracias a este acontecimiento, el sector de La Mariscal una vez más fue el lugar en el que se inició un nuevo capítulo en el sector comercial de la ciudad. En el periodo comprendido entre los años 40 hasta los 70, la parroquia se posicionaría como una de las más importantes de la ciudad debido a su crecimiento económico. A principios de los años 70 los residentes del sector empiezan a migrar hacia nuevos barrios, a sectores más exclusivos de la ciudad de Quito.

Los datos proporcionados por el INEC (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos) nos indican que, la parroquia Mariscal Sucre, en el año 1990 contaba con una población de 18 801 habitantes, y para el año 2001, registró un descenso del -1,5 por ciento, llegando a los 15841 habitantes. Para el año 2010, La Mariscal contaba con una población de 12843 habitantes y una tasa de crecimiento del -3,1 por ciento según la proyección oficial para el año 2015, y un -4,5 por ciento para el 2025.

Estas proyecciones confirman la tendencia al descenso poblacional estable dentro de la parroquia, y la ocupación del suelo para oficinas y comercios, lo que significaría una población laboral y de tránsito muy alta durante el día.(esacademic, 2014:1).

Por esto, se pretende generar un modelo de campo necesario para realizar un levantamiento de infraestructura vial; específicamente, realizar un Modelo de Registro de los Elementos y el Estado de las Vías, sin tomar las muestras de las vías de toda la ciudad de Quito. Para el registro propuesto se realizarán modelos de formularios, con los cuales se facilitará la toma de datos y posteriormente, la creación de una base de datos.

Se tomarán como referencia algunas vías con el fin de demostrar el uso del sistema propuesto en esta investigación de campo. Con los resultados obtenidos en el trabajo práctico se hará un análisis estadístico y comparativo, se llegará a las conclusiones y recomendaciones respectivas al término del mismo. La información será recolectada de un sitio específico geo-referenciado, dentro de la ciudad de Quito; en

este caso, la zona comprendida entre las calles Patria, 12 de Octubre, Luis Cordero y Av. 6 de Diciembre, con el fin de presentar el registro de valores reales.

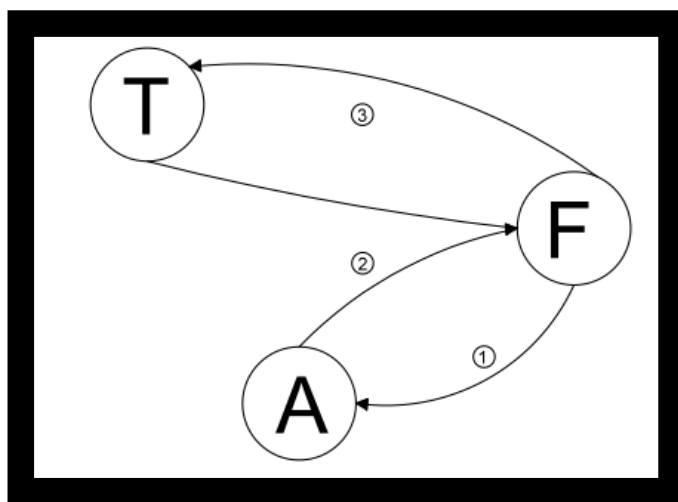
Una vez revisada la información conseguida, esta será documentada, formando una base de datos. Más tarde, se propone la aplicación práctica de esta herramienta, que se espera servirá como punto de referencia para evaluar los resultados y, por consiguiente, se estimará el potencial del sistema propuesto. Se analizarán las ventajas, desventajas, y las limitaciones que se podrían presentar, todos estos aspectos serán parte relevante en el reporte final de todo este estudio.

1.2. INFRAESTRUCTURA VIAL

(se llama)infraestructura vial a todo el conjunto de elementos que permite el desplazamiento de vehículos en forma confortable y segura de un punto a otro punto, minimizando las externalidades tanto al medioambiente como a su entorno(De Solminihaç, 2000:6).

Para poder tener un concepto más claro de lo que es la infraestructura vial, se debe entender lo que propone el Modelo de Mannheim. El cual presenta tres variables: Sistemas de transportes, Sistema de actividades y Estructuras de flujo; y analiza el comportamiento y la dinámica de la relación de estas tres variables. Este análisis ayudará a comprender el comportamiento social de una región o lugar en el que se efectúe el estudio.

Gráfico 2: Modelo de Mannheim: infraestructura vial



T: Sistema de Transporte, A: Sistema de actividades, F: Estructura de flujo

Fuente: De Solminihaç, 2000,5

Elaborado por: Daniel Vega

1.2.1. Modelo de Mannheim

Descripción:

Con relación a este estudio, el modelo indica la dinámica social que existe en una ciudad, o comunidad en general, en donde existen tres variables importantes:

Sistema de Transporte (T)

Contiene tres elementos principales: infraestructura, vehículos o equipos y operación.

En relación a la infraestructura, se cuentan los elementos físicos, que sirven de soporte físico a los vehículos, por ejemplo: las calles de la ciudad. Los vehículos o equipos son los dispositivos que desplazan a las personas o los productos comerciales, aquí se encuentran los automóviles, buses, el Metro, la Ecovía, camiones de carga, recolectores de basura, entre otros. La operación o gestión viene a ser la manera cómo se planifica y cómo operan los vehículos sobre la infraestructura o circulación en las calles de la ciudad, por ejemplo: los semáforos, la señalización del tránsito, la señalización peatonal, y la vehicular, además de las señales de emergencia, elementos que pueden cambiar o modificar el sistema de transporte.

Sistema de actividades (A)

El sistema de actividades está relacionado directamente con el movimiento de personas, productos, o bienes de diferente realidad económica-social que existe en la ciudad. El sistema depende de la cantidad y características de la población, el nivel de ingreso, actividades económicas, uso de suelos, entre otros.

Estructura de Flujos (F)

Es una estructura que opera en un cierto nivel de servicio; en este caso, en la calles de la ciudad, aludiendo a los viajes que efectivamente realizan las personas, puntos de partida, de llegada, ruta escogida, número de pasajeros, y carga transportada,

relacionada a un nivel de servicio y a los atributos que son de interés para el usuario, como son: tiempo de viaje, costos de operación, pasaje, comodidad, seguridad, entre otros.

1.2.2. Modelación de las relaciones.

Este modelo centra su atención en la Modelación de las Relaciones, en un periodo de corto tiempo, entre el sistema de actividades (A), y el sistema de transportes (T). Así, dado un sistema de actividades que fija la demanda por servicios de transporte (generaciones y atracciones de viajes de personas o toneladas de carga), y dado un sistema de transporte (redes de infraestructura y de servicios con sus respectivas características operacionales), se predicen los patrones de flujos (F), (viajes de personas, o toneladas de carga, origen-destino y flujos en arcos) y los niveles de servicio de equilibrio resultantes en las diversas redes consideradas en la modelación.

Cabe resaltar la estrecha relación que tiene el sistema de transporte (T) y el sistema de actividades (A). La forma en que crece y se desarrolla (T) afecta directamente al sistema de actividades (A), de igual manera la variación en este elemento se verá reflejado en cambios producidos en (T). La variable (F) que representa el patrón o estructura de flujos en el sistema de transporte, es el vínculo que permite las interacciones entre (A) y (T). (Ver Gráfico 2)

Estas definiciones de carácter dinámico, como lo plantea Manheim, están relacionadas entre sí, y sufren modificaciones de causa-efecto que son identificadas de la siguiente manera:

Relación de Tipo 1

El resultado que nos presenta la estructura de flujo (F) en un determinado nivel de servicio está directamente relacionado a la interacción entre el sistema de transporte (T), y el sistema de actividades (A), esto básicamente es la Relación de tipo 1. Por ejemplo, la edificación de una nueva estación de buses, en un determinado sector de la ciudad, tiene la capacidad de generar mejoras, esta actividad produce una variación en la estructura de flujo.

Relación de Tipo 2

Variaciones en las estructuras de flujo (F), pueden generar variaciones en el sistema de actividades (A), producto de cambios en el nivel de servicio o en los recursos consumidos en la provisión de dichos servicios. Esta interacción entre (F) y (A) es la Relación de Tipo 2. Por ejemplo, la disminución de los tiempos de viaje en un determinado lugar de la ciudad, puede motivar el desarrollo inmobiliario de dicho lugar.

Relación de Tipo 3

Un cambio en la estructura de flujo (F), puede motivar transformaciones del sistema de transporte (T) a lo largo del tiempo. Así, se tiene la planificación que realizan los agentes de gobierno y del sector privado, en términos de responder a las necesidades del transporte para prever ejecuciones que se cubrirán en el futuro.

Resumiendo, la Relación de Tipo 3 presenta una relación directa entre (F) y (T).

En términos económicos, las relaciones de tipo 1 son relaciones de corto plazo; la capacidad del sistema y su demanda (generación y atracción) están fijas, en tanto las relaciones de tipo 2 son relaciones de largo plazo, en el que se supone que tanto el sistema de transporte como el sistema de actividades pueden variar.
(mtc.gob.pe/2010:1)

Se utiliza la técnica de construcción de escenarios de desarrollo urbano y de escenarios de transporte con el objeto de disminuir la gran incertidumbre asociada a la predicción del desarrollo de las ciudades, de esta manera se evita modelar los impactos de las relaciones de largo plazo entre el Sistema de Actividades (A) y Sistemas de Transporte (T). Una vez desarrollados estos escenarios para un corte temporal futuro, se realiza un estudio de las relaciones de corto plazo y se estiman, para cada escenario de desarrollo urbano y cada plan de transporte, los patrones de flujos y niveles de servicio asociados todo esto con el fin de obtener la información básica y poder evaluar rentabilidades sociales de los diversos planes comparados. (mtc.gob.pe/2010:1)

1.2.3. Metodología de análisis de Sistemas

Para realizar el estudio de la metodología de análisis de sistemas de transporte se divide en tres etapas.

En la primera etapa, utilizando la metodología de construcción de escenarios de desarrollo urbano se plantean los valores de las variables explicativas, todo esto con el fin de recopilar información respecto a los factores que influyen en los viajes sobre la base de ciertas condicionantes socio-económicas, físicas y normativas, propias de la ciudad. Para poder cumplir eficientemente el objetivo de esta etapa, se debe responder a las siguientes preguntas:

¿Cuántos habitantes habrán en la ciudad?, ¿De qué nivel socio-económico? ¿Dónde se localizarán?; ¿Qué superficies, destinadas a diversos usos y en distintas localizaciones, existirán en la ciudad?(mtc.gob.pe/2010:1)

Después de obtenerlos datos solicitados se puede generar los valores de las variables explicativas de los modelos de generación y atracción de viajes. Esto se da para todos los niveles en que son tratados los viajes, obedeciendo a varias características poblacionales (distintos períodos del día y diferentes cortes temporales).

En la segunda etapa de la metodología de análisis se proyectan y posteriormente se construyen los planes estratégicos de transporte (definición de sistemas de transporte (T), alternativos). Los planes que están contemplados en esta etapa se resumen en dos grupos: proyectos físicos y proyectos de política de transporte; por ejemplo, variación en el costo del combustible, variación en la tarifa de uso de transporte público, aumento de la tarifa del estacionamiento público, etc.

La última etapa presenta una o varias combinaciones de sistemas de transporte (T) y sistemas de actividades (A). Se utiliza la información obtenida en las etapas posteriores aplicadas a las combinaciones presentadas en esta etapa, de esta manera es posible proyectar los flujos (viajes origen/destino) y flujos en arcos (para las distintas redes consideradas) y los niveles de servicio de equilibrio.

Los enfoques de modelación satisfacen las relaciones tipo 1 del Gráfico 2, con esto se concluye en el enunciado propuesto por Manheim quien manifiesta que dado un

sistema de Actividades (A) y dado un sistema de Transporte (T), el modelo de comportamiento de usuarios implementado en los modelos de transporte, es posible obtener un patrón de Flujos (F) sobre el sistema(Manheim, 1979, p. 45).

Realizando este estudio se puede tomar y ejecutar buenas decisiones en materia de infraestructura, esto dará como resultado beneficios a la comunidad; por el contrario, decisiones equivocadas pueden generar efectos adversos, sobre todo a largo plazo.

Retomando la idea principal, la infraestructura vial no solo toma en cuenta los elementos que inciden directamente en la operación de una vía, se tiene una visión más amplia y es por esto que se toma en cuenta todo lo que afecta al entorno, debido a su interrelación de dependencia.

1.2.4. Normativas en la Infraestructura Vial.

En el Ecuador, la entidad competente a los temas de infraestructura vial es el Ministerio de Transporte y Obras Públicas. Todas las regulaciones técnicas del MTOP (MOP-001-F y MOP-001-E), generadas en 1974, han contribuido de manera poco efectiva al desarrollo de la vialidad del país, en 1993 fueron actualizadas con mínimos cambios por la Pontificia Universidad Católica del Ecuador.

Durante mucho tiempo, el MTOP con el objetivo de normalizar y regular los aspectos técnicos viales, solo se manejó a través de acuerdos ministeriales. Actualmente, la globalización exige que la producción de bienes y prestación de servicios, a través de la red vial, fomente el desarrollo productivo y la transformación de la matriz productiva basada en los principios de equidad o trato nacional, equivalencia, participación, excelencia, información, sostenibilidad ambiental y competitividad sistémica.

En este sentido, el Ecuador, a partir de la Constitución del 2008, y el gobierno del Presidente Rafael Correa Delgado, ha generado e implementado el cumplimiento de las regulaciones necesarias para garantizar los derechos ciudadanos relacionados con la seguridad, protección de la vida, salud, preservación del medio ambiente y protección del consumidor contra prácticas engañosas. Entre ellas se encuentra la Ley del Sistema

Ecuatoriano de la Calidad, (publicada en el Registro Oficial No. 26 el 22 de febrero de 2007).

Como punto de partida de esta ley se ha desarrollado e implementado un plan estratégico para el mejoramiento y la excelencia en la planificación, diseño, construcción y mantenimiento de los proyectos viales. Este plan está basado en la aplicabilidad en el Ecuador del conocimiento científico, desarrollado en las mejores normativas internacionales y las experiencias tecnológicas ecuatorianas, a través de un proceso de generación de la Norma Ecuatoriana Vial NEVI-12, cuyo objetivo es la revisión, actualización, complementación de normas y especificaciones técnicas del sector del transporte vial, para asegurar, y garantizar el desarrollo nacional.

Además, se debe acotar que en el país, el único reglamento legal bajo el cual se rigen todos los temas competentes a las vías es la Ley de Caminos, Decreto Supremo 1351, Registro Oficial 285 de 7 de julio de 1964.

1.2.5. Elementos comunes en el registro vial.

Previo a concluir el tema de la infraestructura vial, se debe señalar los elementos más comunes con los que se estará en contacto en el registro vial:

- **Plataforma:** Este elemento es la base del sistema, es por donde se desplazan los vehículos. En la parte superior de este elemento se coloca el pavimento. (Ver Fotografía 2)
- **Alcantarillas:** estas estructuras tienen la función de controlar y manejar los elementos líquidos (generalmente agua lluvia) que se encuentren sobre la vía. Es por esto que el buen funcionamiento de una vía depende en gran parte por el estado de estos elementos. (Ver Fotografía 3)
- **Drenes:** los elementos de drenaje son cursos de agua que discurren superficialmente, existen drenes naturales y drenes subterráneos.(Ver Fotografía 4)

- Talud: es la pendiente o inclinación de un muro que se encuentra situado a los lados de la vía.(Ver Fotografía 5)
- Puentes: un puente es una estructura cuya función es superar tanto obstáculos naturales, como artificiales, por ejemplo: ríos, mares, lagos o carreteras; y así unir caminos y permitir la circulación de las personas.(Ver Fotografía 6)

1.2.6. Señalización Vial

La señalización vial es una parte importante del control de tránsito, como el manual de señalización ecuatoriano lo menciona, estas sirven para *“prevenir riesgos, proteger la vida y eliminar prácticas que puedan inducir a error a los usuarios de las vías y los espacios públicos”*.(Instituto ecuatoriano de normalización, 2011:3)Asimismo, en esta norma se define a la señalización como todo símbolo, palabra o demarcación horizontal o vertical, sobre la vía, para guiar el tránsito de vehículos y peatones.

1.2.6.1. Tipos de Señalizaciones viales.

- Señalización vertical: son las señales de regulación del tránsito dirigidas principalmente a los conductores de los vehículos, colocadas al costado de la vía o elevadas sobre la calzada.

Clasificación de la señalización vertical, de acuerdo a (Instituto ecuatoriano de normalización, 2011:7)

- Señales preventivas: la función de estas es advertir al usuario de la vía, la existencia de una condición peligrosa y la naturaleza de esta. Su código es la letra “P”.(Ver Fotografía 7)
- Señales reglamentarias: como su nombre lo indica son las señales que buscan regular el flujo del tránsito, el incumplimiento de las actividades sugeridas por las señales constituye una infracción de tránsito. Su código es la letra “R”.(Ver Fotografía 8)

- Señales informativas: su objetivo es brindar información de rutas, destinos, puntos de interés, y direcciones a los usuarios de la vía. Su código es la letra “T”.(Ver Fotografía 9)
- Señales especiales delineadoras: como su nombre lo indica estas señales delinean al tránsito dependiendo el área de circulación que esta permitida para los usuarios, por ejemplo al aproximarse a un cambio de sección en la vía. Su código es la letra “D”.(Ver Fotografía 10)
- Señales para trabajos en la vía y propósitos especiales: estas señales advierten la ejecución de un trabajo en la vía, también guían el flujo de tránsito con seguridad en sitios de trabajos en las vías y aceras. Su código es la letra “T”.
- Visibilidad: es importante cumplir con las normas de ubicación de las señales indicadas en el numeral 5.8 de la norma INEN 004-1:201; es decir, que permitan una óptima visibilidad al usuario de la vía y, por lo tanto, una adecuada y oportuna reacción frente a ellas. Para garantizar la visibilidad de las señales y lograr la misma forma y color tanto en el día como en la noche, los dispositivos para la regulación del tránsito deben estar elaborados preferiblemente con materiales reflectantes o estar convenientemente iluminados. La reflectividad se consigue fabricando los dispositivos con materiales adecuados que reflejen las luces de los vehículos, sin encandilar al conductor (Ministerio de Transporte de Colombia, 2004:19).
- Uso: el uso de las señales debe estar apoyado en estudios realizados por profesionales con experiencia en el campo de la Ingeniería de Tránsito(Ministerio de Transporte de Colombia, 2004:11).Se deber tener cuidado de no instalar un número excesivo de señales preventivas y reglamentarias en un espacio corto, ya que esto puede ocasionar la contaminación visual y la pérdida de efectividad de las mismas. Por otra parte, es conveniente que se usen con frecuencia las señales informativas de identificación y de destino, con el fin de que los usuarios de la vía conozcan siempre su ubicación y rumbo.

- **Conservación:** es muy importante que estas señales de tránsito permanezcan en una posición adecuada, limpia y legible. Se debe realizar una revisión periódica de estas para poder reemplazarlas en caso de que se encuentren deterioradas o que ya no cumplan con su función (debido a cambios de requerimientos en la vía).
- **Materiales:** como se mencionó anteriormente, los materiales para este tipo de señales deben ser reflectantes o iluminados y los colores usados en ellas deben cumplir con la norma INEN o la norma ASTM D 4956 *Standard specification for retroreflective sheeting for traffic control*.

Cada tipo de señal vertical debe cumplir con las especificaciones de forma, color, mensaje y dimensiones que se encuentran detalladas en la norma INEN 004-1:201.

- **Señalización Horizontal:** se refiere a aquellas que se dibujan sobre el pavimento y que sirven para complementar las indicaciones de otras señales viales, como las verticales.(Ver Fotografía 11)

Clasificación de la señalización horizontal de acuerdo a (Instituto ecuatoriano de normalización, 2011:5)

- **Señales longitudinales:** son utilizadas para delimitar carriles y calzadas; para regular el área en la que es posible rebasar en la vía.
- **Señales transversales:** son utilizadas específicamente para indicar el lugar donde deben detenerse los usuarios de vía antes de un cruce.(Ver Fotografía 12)
- **Símbolos y leyendas:** son utilizadas con el fin de regular la circulación de los usuarios. Algunos de los símbolos mas comunes son: triángulos, Ceda el paso, redondel, etc.

- **Visibilidad:** estas señales deben cumplir con todas las normas de diseño de manera que puedan ser distinguidas con facilidad por los usuarios para que estas funcionen de forma eficiente. Se dice que una señal es eficaz cuando un conductor o peatón, al verlas, puede reaccionar oportunamente.
- **Uso:** la señalización horizontal están ubicadas estratégicamente en la vía con el propósito de llamar la atención a los usuarios sin que se pierda de vista el campo panorámico de la calzada.
- **Conservación:** al igual que con las señales verticales, las señales horizontales deben contar con un sistema de mantenimiento periódico de limpieza o en su defecto el reemplazo o retiro de la misma. Su vida útil depende de los materiales utilizados, así como de agentes externos como el medio ambiente.
- **Materiales:** para las señales horizontales se utiliza principalmente pintura de tráfico acrílica, también es común utilizar dispositivos complementarios que producen efectos vibratorios y sonoros cuando un vehículo se encuentra atravesándolo. Estos ayudan a alertar al conductor, por lo que aportan a una mayor seguridad. Los dispositivos complementarios deben poseer material reflectante o fluorescente.

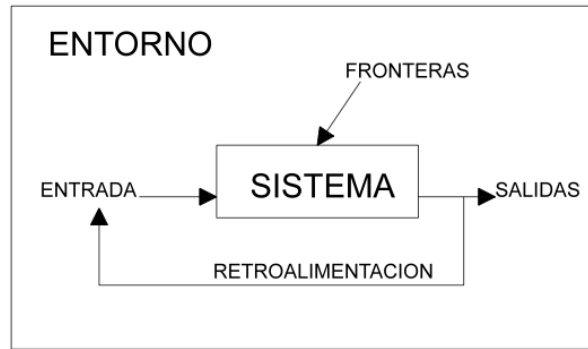
1.3. GESTIÓN DE PAVIMENTOS

Para indicar la gestión de pavimentos, se parte primero de lo que es un sistema.

1.3.1. ¿Qué es un Sistema?

De manera general, un sistema es un *“modelo de ordenamiento que se aplica en una determinada organización que opera en un entorno cambiante”* (Kovácevic,1990:56), está formado por una serie de elementos que se relacionan entre sí, todos estos trabajan para cumplir un mismo objetivo. Al comprender la forma en que se aplica la teoría de sistemas, se logra visualizar de una manera sencilla cual es el fundamento con el que trabaja un sistema de gestión.

Gráfico 3: Modelo general de sistemas



Fuente: Gestión de Infraestructura Vial, Hernán de Solminihaç.

Elaborado por: Kováçevic

Cuando se habla de un ENTORNO cambiante, se refiere al medio y a la variación de sus condiciones, en el que se encuentra el sistema en estudio.

FRONTERAS hace referencia a las limitaciones que presenta el sistema, para mediante ellas poder distinguir al sistema de su entorno, y filtrar los elementos que pertenecen o no al mismo.

El término ENTRADA comprende a todos los elementos que ingresan al sistema, con la finalidad de aportar al sistema información necesaria para que este cumpla con su objetivo.

SALIDA implica todos los resultados que ofrece el sistema después de haber procesado la información de los datos de entrada.

PROCESO es la actividad o acción necesaria para utilizar la información de entrada y transformarla en información de salida.

RETROALIMENTACION es la información que se obtiene como resultado de todo el proceso, además de ser el mecanismo para corregir el funcionamiento del mismo.

Uno de los puntos principales del concepto de sistemas que marca el camino de la gestión de infraestructura vial es *“el hecho de asumir en el proceso una visión de conjunto, con*

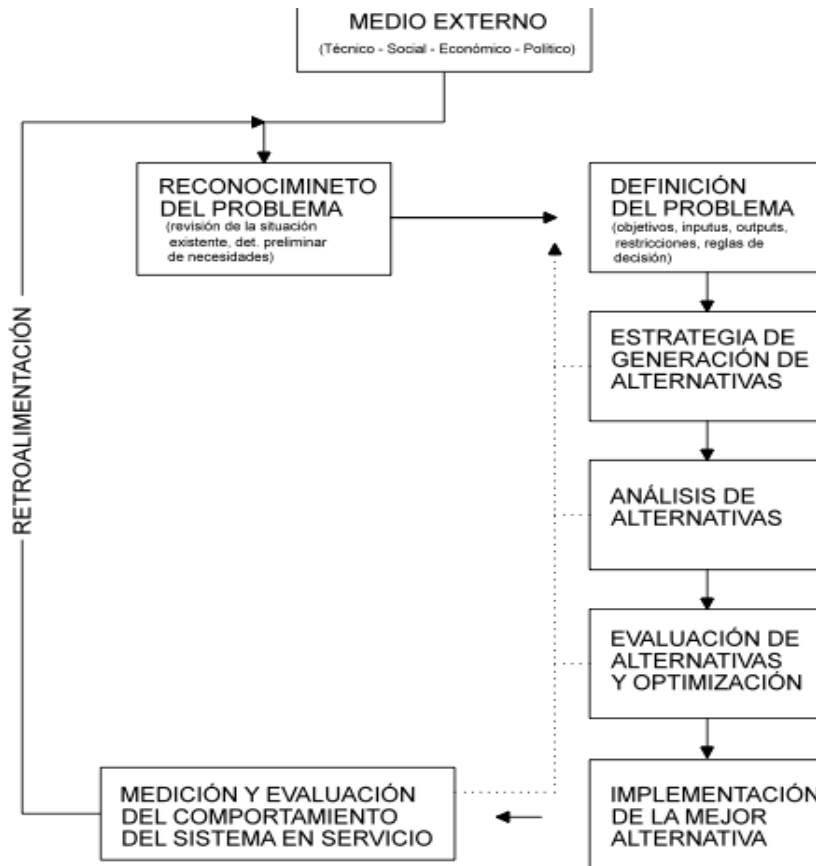
interacción entre las partes, y la aplicación de un proceso analítico sobre un modelo de la realidad”(Solminihaç, 2000:20).

El concepto de sistema y la metodología con la que se los maneja, permiten comprender de manera general el sentido y el propósito de su existencia, que es el de agrupar un conjunto de conocimientos que han sido desarrollados para la planificación eficiente, y llegar a estructurar el estado del conocimiento de un sistema o un modelo de operación. Existen dos usos de metodología de sistemas principales e interrelacionados (Haas, 1993:84):

1. La estructuración de un problema, o cuerpo de conocimiento.
2. El uso de herramientas analíticas para modelar y resolver el problema.

A continuación se presenta un modelo de estructura de cualquier proceso de solución de problemas, recordando siempre que el sistema debe incorporar de una manera sistemática los factores relevantes de su entorno, como por ejemplo: factores técnicos, sociales y económicos. Esta figura además presenta las fases de reconocimiento del problema, que inicia lógicamente con la definición del mismo, para así proceder a plantear la estrategia que permita generar alternativas relevantes al problema. Siguiendo el proceso, se realiza el análisis de las alternativas, una depuración para solo contar con opciones eficientes; se evalúa cada una de ellas y se las optimiza. De esta manera, se opta por y se implementa la mejor alternativa.

Gráfico 4: Principales Fases y Complementos de Método de Sistemas



Fuente: Gestión de Infraestructura Vial, Hernán de Solminihaç.
Elaborado por: Haas, 1993

El sistema, desde el punto más básico, se alimenta de información. Se debe recalcar el concepto de este elemento. Información es

la adquisición o comunicación del conocimiento derivado del estudio, experiencia o instrucción respecto de situaciones específicas, que permiten ampliar lo que se poseen respecto de determinadas materias. Es decir, la información puede considerarse como un recurso más dentro de la organización de un sistema de información y es una parte fundamental de su desarrollo (Solminihaç, 2000:23)

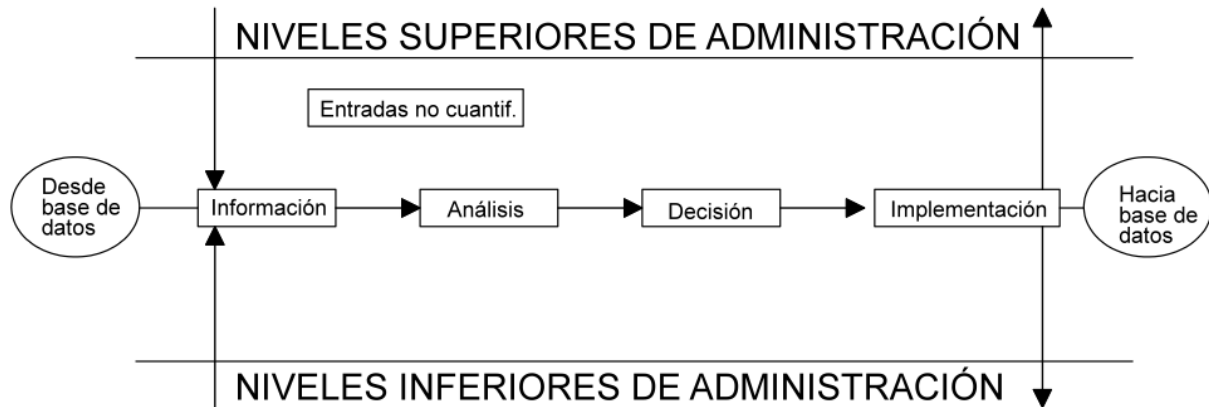
Retomando la idea general de un sistema de gestión, es necesario tener de una manera clara la creación de flujos de información, que puedan conectar a los subsistemas de información. Este panorama ayuda a la posibilidad de entregar o disponer de los resultados a niveles de administración de otros niveles. Así, aplicando esto a esta disertación, se pueden considerar como principales tipos de archivos de datos a aquellos que se refieren al diseño, construcción, historia de la mantención y condición del pavimento.

1.3.2. Niveles de Administración de Sistemas

Aplicando el concepto antes desarrollado de sistemas y de información, a continuación se realiza un breve estudio de los Sistemas de Información. Estos son herramientas que tienen el objetivo de administrar toda la información o datos de entrada que serán relevantes para el funcionamiento de nuestro sistema. Una vez recolectados estos elementos, serán analizados y procesados de una manera que se pueda obtener resultados reales y confiables.

Debido a la precisión que se necesita para poder asegurar la confiabilidad de los resultados, los sistemas de información se apoyan en las herramientas que proporciona la tecnología actual, con el uso de hardware y software, especialmente diseñados para esta tarea.

Gráfico 5: Flujos de información para un sistema de gestión



Flujos de información para un sistema de gestión [Holt, 1992]

Fuente: Gestión de Infraestructura Vial, Hernán de Solminihac.
Elaborado por: Holt

Gráfico 6: Relación de los conceptos de sistema



Relación de los conceptos de sistema [Long, 1989]

Fuente: Gestión de Infraestructura Vial, Hernán de Solminihac.
Elaborado por: Long

Los resultados más prometedores, debido a la implementación de la última tecnología, se pueden ver reflejados en la creación de sistemas que utilizan razonamiento deductivo y redes neuronales que pueden “aprender” en base a los datos recibidos.

1.3.3. Sistema de Gestión de Pavimentos

La gestión de pavimentos es un

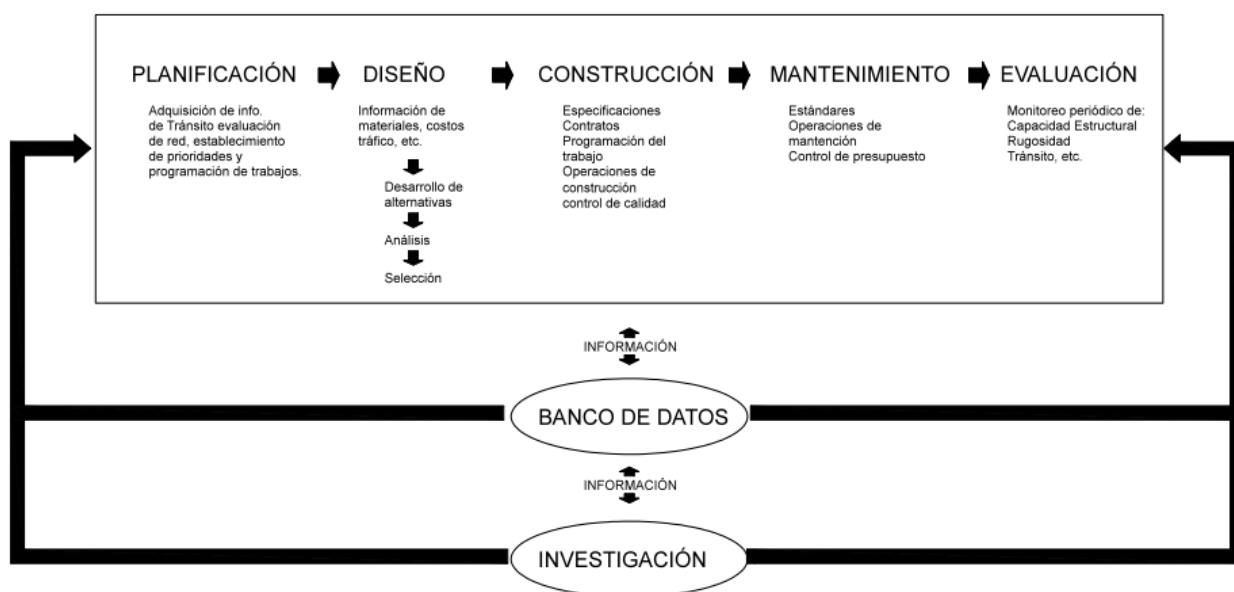
sistema que abarca un trabajo en conjunto de: planificación, diseño, construcción, conservación, evaluación e investigación de todos los elementos que constituyen una infraestructura vial(Solminihac, 2000: 27).

Dependiendo de las solicitudes, el sistema puede ir desde los niveles básicos de complejidad, como por ejemplo una base de datos, hasta la optimización completa de todo el sistema. Su objetivo básico es usar información segura y consistente para desarrollar criterios de decisión, otorgar alternativas realistas y contribuir a la eficiencia

en la toma de las decisiones, para así conseguir un programa de acción económicamente óptimo y en el cual se provea una retroalimentación de las consecuencias de las decisiones tomadas, como medio para asegurar su efectividad.(Haas, 1993).

La gestión de pavimentos, se puede ver representada fácilmente en la siguiente estructura gráfica:

Gráfico 7: Estructura general de un sistema de gestión de pavimentos



Fuente: Gestión de Infraestructura Vial, Hernán de Solminihaac.
Elaborado por: Haas

Una de las características principales de la gestión de pavimentos es su capacidad de ser fácilmente utilizado por el organismo a cargo de los distintos niveles, además de permitirles el ingreso o la modificación de datos sin tener complicaciones. Para reconocer una gestión de pavimentos eficiente, esta debe tener la capacidad de identificar la alternativa óptima en cada etapa de la gestión, además sus decisiones deben basarse en procedimientos racionales, con atributos, criterios y restricciones cuantificables. Se debe recalcar lo importante que debe ser en nuestra gestión de pavimentos la capacidad de usar información de retroalimentación para conocer las consecuencias de las decisiones. Además, previo a desarrollar la metodología de diseño de una vía a nivel de una ciudad, se debe partir del concepto de la gestión de infraestructura vial.

Los objetivos específicos de un sistema de gestión de infraestructura vial son:

- Garantizar la conservación adecuada de las vías que conforman la red a un costo apropiado.
- Llevar a cabo un plan de conservación de las vías a largo plazo.
- Optimización de los costos y beneficios generados alrededor del uso de la infraestructura.
- Constante verificación de los efectos generados por la infraestructura en el medio ambiente.
- Implementación de sistemas de control de la efectividad de las medidas de conservación.

La gestión de infraestructura vial se puede aplicar en dos niveles de análisis:

- Nivel de una red: realiza el análisis de todo un conjunto de elementos, con la intención de planificar estrategias que permitan optimizar los recursos disponibles para su conservación (por ejemplo toda una ciudad, provincia, etc.), además de realizar una sectorización de la zona en estudio.
- Nivel de proyecto: realiza el análisis de un lugar específico con el objetivo de determinar el momento en que debe ser intervenido (por ejemplo la Av. Simón Bolívar, Pichincha), además de la obtención de datos de la condición y estado de los elementos relevantes al estudio (en este caso del pavimento).

Los procedimientos de análisis, que son realizados en una gestión de infraestructura vial, requieren de varios factores de importancia que deben ser provistos por una estructura de datos actualizable (Solminihaq, 2000:29), cabe recalcar que este suele ser el eslabón débil en la mayoría de sistemas en los países latinoamericanos y Ecuador no es la excepción. Es importante señalar que la utilización de un sistema de gestión no conduce por su simple utilización a la solución de problemas, pero sí a una óptima selección de alternativas, de acuerdo a los criterios especificados y a las condiciones preponderantes.

En el Ecuador, todos los proyectos viales deberán regirse al cumplimiento de La Norma Ecuatoriana Vial NEVI-12., la mismas que en el Volumen 1 menciona que las disposiciones existentes hacen un reconocimiento de las prácticas, procedimientos y reglamentos técnicos internacionales, aplicándolos a la realidad y necesidades tecnológicas ecuatorianas.

Las vías ecuatorianas hasta la fecha de hoy se han regido a las normas MTOP (MOP-001-F y MOP-001-E) y a las Normas INEN: RTE INEN 004-1:2011 y RTE INEN 004-2:2011 para señalización vertical y horizontal, respectivamente.

En Ecuador, el MTOP (Ministerio de Transporte y Obras Públicas) es el organismo responsable del manejo de la Red Vial Nacional, la misma que comprende el conjunto total de las carreteras que existen en el Ecuador y que según su jurisdicción se clasifican, según (Ministerio de Transporte y Obras Públicas, 2012:126), en:

- Red Vial Estatal, que está bajo la dirección del Ministerio de Transporte y Obras Públicas y comprende todas las vías que son administradas por este ministerio, a esta entidad se le atribuye la responsabilidad del manejo y control, conforme a las normas del decreto ejecutivo 860, publicado en el registro oficial Nro. 186 del 18 de octubre del 2000 y la ley especial de la descentralización del estado y de participación social.
- Red Vial Provincial, que está comprendida por el conjunto de vías administradas por cada uno de los Gobiernos Provinciales.
- Red Vial Cantonal, que está comprendida por el conjunto de vías urbanas e interparroquiales administradas por cada uno de los Gobiernos Municipales.

Las vías a ser estudiadas en la presente disertación se encuentran dentro del Distrito Metropolitano de Quito, por lo cual se las puede clasificar dentro de la Red Vial Cantonal.

1.4. Los pavimentos como elementos básicos de la infraestructura vial

Al tomar una muestra de un escenario promedio, se demuestra que el elemento principal y básico es el pavimento, ya que cubre la superficie de desplazamiento que se entrega a los usuarios de la mayor parte de las vías. En torno al pavimento se generan algunos elementos complementarios.

A diferencia del concepto equivocado de que el pavimento solo se resume al asfalto en una vía, Pavimento

es el conjunto de capas de material seleccionado (cualquier tipo de material que sea óptimo para desempeñar esta tarea: hormigón, madera, piedra, etc) que cumple la función principal, que es la de proveer una superficie de rodamiento adecuada al tránsito y distribuir las cargas aplicadas por el mismo, sin que se sobrepasen las tensiones admisibles de las distintas capas del pavimento y de los suelos de fundación(Lockhart, 1970:63)

Las condiciones necesarias para un adecuado funcionamiento de pavimento se resumen en: trazo horizontal y vertical, anchura, resistencia necesaria para evitar fallas y agrietamientos, además de una adherencia adecuada entre la superficie de rodadura y los neumáticos de los vehículos, incluso en condiciones desfavorables.

1.4.1. Clasificación de los pavimentos.

- Pavimentos flexibles: utilizan un revestimiento asfáltico sobre una capa de base granular, o también utilizan tratamientos superficiales como capas de revestimiento en tráfico de leve a medio. Una de las características de este tipo de pavimentos es que su diseño permite las tensiones verticales de compresión de suelo de fundación sean absorbidas por las capas de revestimiento y base. Esto se hace por medio de la asimilación de tensiones cizallantes, provocadas sobre la estructura por las cargas de rueda de los vehículos usuarios de la vía. Estas cargas provocan tensiones de deformación y tracción en la fibra inferior del revestimiento asfáltico, que posteriormente incitarán su fisuramiento por fatiga, debido al flujo de cargas provocadas por el tráfico que circula sobre el pavimento. (apuntesingenierocivil,2010:1)

- Pavimentos rígidos: la característica principal de este tipo de pavimentos es su elemento estructural, una losa de concreto de cemento Portland (C.C.P.), que tiene la capacidad de aliviar y disipar las tensiones en las capas subyacentes por medio de su elevada resistencia a la flexión. Este elemento suele presentar en su parte baja fisuras por fatiga debido a las tensiones de tracción bajo.
- Pavimentos semirígidos: se los llama pavimentos semirígidos o compuestos ya que su característica principal es la combinación de diferentes pavimentos; es decir, pavimentos “flexibles” y pavimentos “rígidos”. La estructura de este pavimento esta compuesta por una capa rígida como base (por lo general una base de concreto) y sobre esta una capa flexible (concreto asfáltico).(apuntesingenierocivil,2010:1)
- Pavimentos articulados: se los denomina articulados por la configuración estructural de los elementos que comprenden su capa de rodadura, tenemos dos grandes ejemplos. El primero es el Adoquinado, su capa de rodadura está conformada por adoquines de hormigón, colocados sobre una capa de arena y con un sello de arena entre sus juntas. Los pavimentos de asfalto pueden tener una base, o una base con una subbase, que puede tener espesores ligeramente menores que los utilizados para los pavimentos de asfalto..

El segundo ejemplo es el Empedrado:

Se conoce como empedrado, a aquella capa de rodadura elaborada con piedra, obtenida de las orillas de los ríos o mediante un proceso de explotación y trituración. El empedrado es un tipo de pavimento flexible, que presenta gran durabilidad y resistencia. (ilo,2014;1)

La ejecución de un empedrado requiere anotar y tener presente el tipo y calidad de la subrasante y el tamaño de las piedras, todos estos factores deben cumplir los parámetros técnicos que se requiere para satisfacer las siguientes condiciones:

El Tráfico Promedio Diario no sea mayor a 200 vehículos, de los cuales se aceptará como máximo 50% de vehículos pesados. Ningún camino que exceda estos valores de tráfico estará apto para ejecutar un empedrado.(Organización Internacional del Trabajo, 1994:18)

Tabla 1: Tipos de Pavimentos

TIPOS DE PAVIMENTOS					
TIPO	MATERIALES	CÓMO FUNCIONAN	COSTO	PERÍODO DE VIDA	TIPO DE MANTENIMIENTO
Flexibles	Gravas parcialmente trituradas, arena, filler y asfalto.	Al estar conformado por materiales más deformables que el concreto, estos pavimentos transmiten a la subrasante cargas de manera más concentrada. La superficie de rodadura al ser menos rígida, se deforma más y se producen mayores tensiones en la subrasante.	Más económicos que los pavimentos rígidos en su construcción inicial sin embargo, necesitan mayor mantenimiento para cumplir con su vida útil.	10 a 15 años.	Bacheo, taponamiento, escarificación, resellado de juntas.
Rígidos	Grava y cemento portland.	Debido a la alta rigidez de la losa de concreto, estos pavimentos permiten distribuir las cargas sobre un área mayor de la subrasante, transmitiendo presiones muy bajas a las capas inferiores. Son mucho menos deformables.	Su costo inicial es mas elevado que los pavimntos flexibles. Su mantenimiento es mínimo.	20 a 40 años.	Llenado y sellado de juntas, bacheado, reemplazo con parche de concreto o cemento asfáltico.
Semirígidos	Gravas parcialmente trituradas, asfalto, cemento.(Grava-cemento, suelo-cemento)	Al contar con una base cementada (base estabilizadora), la resistencia al agrietamiento de la carpeta de rodadura es mucho mayor en comparación con los pavimentos flexibles.	Son mas costosos en relación a los pavimentos flexibles ya que se necesita de mano de obra especializada para su construcción.	15 a 25 años.	Se podría asumir que es una mezcla entre los tipos de mantenimiento de los pavimentos flexibles y rígidos. Se debe recordar que la resistencia al agrietamiento no se considera para el diseño de estos pavimentos ya que su vida útil está controlada por la base estabilizadora.
Adoquinados	Adoquines de hormigón, arena.	La capa de rodadura de estos pavimentos son los adoquines de hormigón los mismos que van sobre una base. La base de estos pavimntos debe estar correctamente diseñada para evitar el hundimiento de los adoquines.	Depende de la zona donde se construye. Puede tener costos similares a un pavimnto de asfalto y en zonas urbanas pequeñas o rurales tienen un costo muy inferior que los pavimntos flexibles, rígidos y semirígidos.	20 a 40 años.	Los adoquines al estar unidos unicamente mediante compactación permiten una facil remocion en caso de reparaciones.
Empedrados	Pidras, arena.	La colocación d ela piedra se la realiza una vez que la subrasante este debidamente compactada ya que todos los esfuerzos serán transmitidos directamente hacia ella a través de las piedras.	Resulta ser más barato que todos los anteriores ya que el material utilizado proviene de fuentes naturales como son los ríos y no se requiere de mano de obra especializada.		Bacheo de empedrado, limpieza de cunetas, limpieza de alcantarillas menores, limpieza de taludes y espaldones.

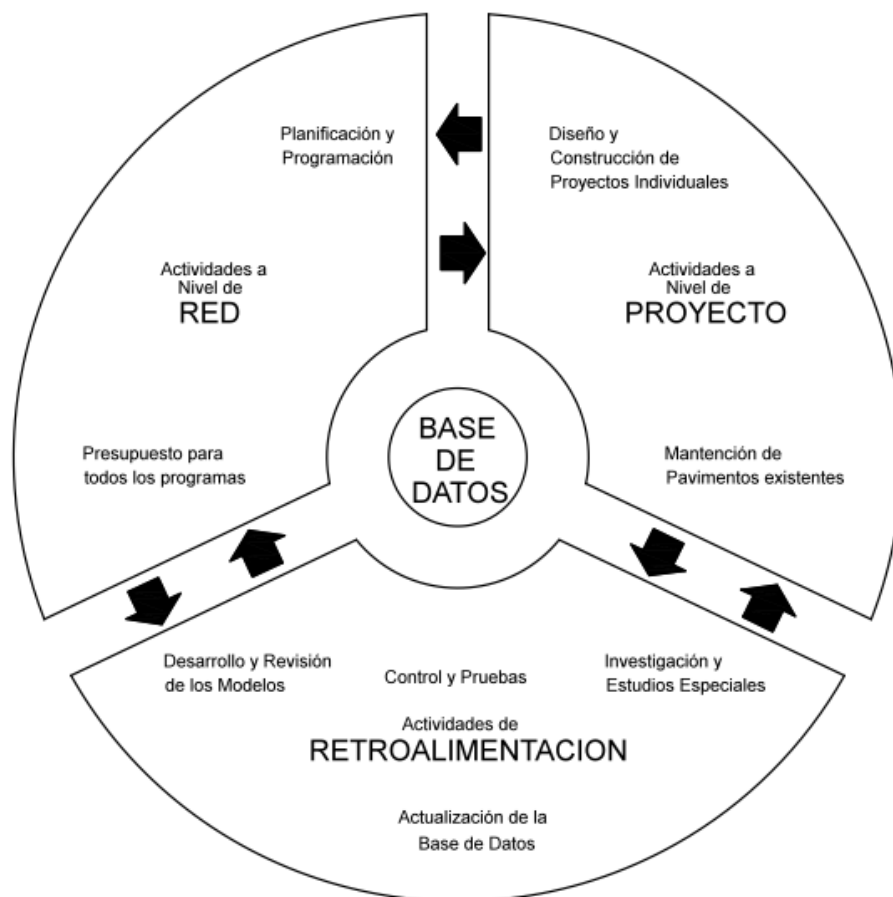
Fuente: <http://ficem.org/boletines/boletin-tecnico-2013/Guia-de-Pavimentos-Semirigidos-para-Carreteras-Alto-Volumen.pdf>

Elaborado por: Daniel Vega

1.5. GESTIÓN A NIVEL DEL PROYECTO

Para iniciar un estudio, a nivel de proyecto, en gestión de pavimentos, se debe recordar que las principales características que permiten diferenciar la gestión entre niveles son las actividades a nivel de red y a nivel de proyecto, como indica el siguiente gráfico:

Gráfico 8: Sistema de gestión de pavimentos



Sistema de gestión de pavimentos: Principales componentes [Hudson, 1985]

Fuente: Gestión de Infraestructura Vial, Hernán de Solminihaç
Elaborado por: Hudson, 1985

Cabe recalcar que el nivel de red está enfocado en desarrollar un programa de rehabilitación, mantención o construcción de nuevos pavimentos, teniendo en cuenta que se rige a un presupuesto, que será el encargado de delimitar las acciones. Por otro lado, *“el nivel de proyecto corresponde a las decisiones de conservación, reconstrucción o de construcción de uno nuevo”*(Solminihaç, 2000:37).

A “nivel de proyecto”, el proceso de observación es de un proyecto bien delimitado y/o de un pavimento claramente identificado, con el fin de realizar el mantenimiento o la rehabilitación del mismo.

Este nivel requiere información específica, está relacionada con:

- Tipo y magnitud de cargas aplicadas sobre la superficie del pavimento.
- Tipo y características de materiales utilizados en el pavimento.
- Tipo y características de los materiales usados en la base, subbase y subrasante.
- Factores ambientales locales que afectan al pavimento en estudio.
- Todas las variables de construcción y mantención.
- Costos.

Uno de los objetivos principales de este nivel corresponde a un conjunto de estrategias que minimicen los costos totales del ciclo de la vida del pavimento, además de los costos de construcción y mantención, sin dejar de lado el cumplimiento de todas las especificaciones técnicas requeridas.

En la gestión a nivel de proyecto se contemplan las siguientes actividades (Haas, 1993:53):

- Generación de alternativas de tratamientos de conservación de pavimentos.
- Selección del período de análisis, tasa de descuento, niveles de calidad mínimos del pavimento, etc, para el análisis técnico económico de los pavimentos.

- Análisis económico de cada alternativa, en función del comportamiento esperado del pavimento.
- Selección de la alternativa adecuada en base a criterios cuantitativos y cualitativos.

Un sistema completo y eficiente debe producir la información necesaria para apoyar las decisiones que toman las distintas personas, sean administradores, ingenieros, legisladores, etc., a nivel de red y de proyecto. (Solminihaç, 2000:37)

El producto del sistema de gestión a nivel de proyecto incluye:

- Análisis de ingeniería y varias opciones de diseño de cada una de las alternativas de rehabilitación factibles y sus costos estimados.
- Lista de optimización de los distintos diseños de todos los proyectos, relativos a un conjunto de criterios y objetivos preestablecidos.

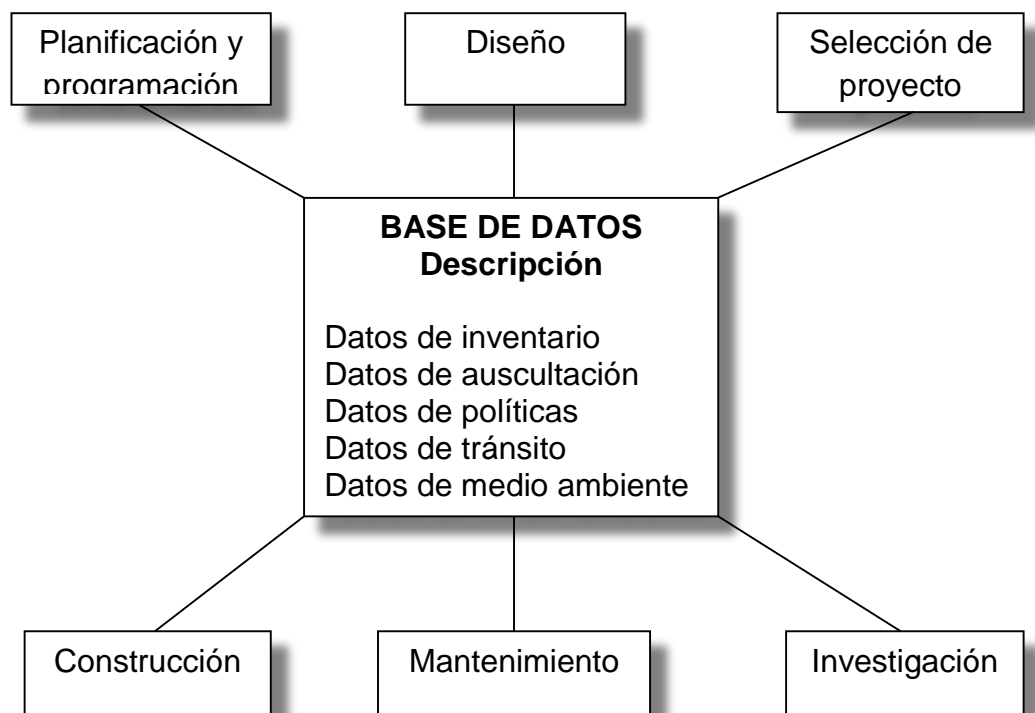
1.5.1. Requerimientos básicos de información para una buena gestión de pavimentos.

Los datos que pueden ser utilizados para un sistema de gestión de pavimentos, son los siguientes (Haas, 1993):

- Datos de inventario (Información permanente) (Tabla 2)
- Datos de auscultación (Tabla 3)
- Datos históricos (de otros pavimentos, de la construcción, de mantención) (Tabla 4)
- Datos de políticas (Tabla 5)
- Datos de tránsito (Tabla 6)
- Datos del medio ambiente (Tabla 7)
- Datos de los costos (de construcción, mantención, rehabilitación y usuarios) (Tabla 8)

Con esto se desea que los datos sean sumamente accesibles y se pueda determinar el tipo de actuación a realizar lo más pronto posible.

Gráfico 9: Relaciones entre datos y base de datos



Fuente: **Gestión de Infraestructura Vial, Hernán de Solminihac**
 Elaborado por: Haas

Tabla 2: Clases de datos de inventario

TIPO DE DATO	NIVEL DE RED	NIVEL DE PROYECTO
Dimensiones de la selección	Desarrollar políticas estándares	Determinar restricciones de la sección
Curvatura	Desarrollar políticas estándares	Determinar restricciones de la sección y evaluar la seguridad
Pendiente transversal	Desarrollar políticas estándares	Evaluar el drenaje Evaluar seguridad
Grado	Desarrollar políticas estándares	Evaluar el drenaje Evaluar seguridad
Bermas	Desarrollar políticas estándares	Evaluar el drenaje Evaluar seguridad

Fuente: **Gestión de Infraestructura Vial, Hernán de Solminihac**
 Elaborado por: Daniel Vega

Tabla 3: Clases de datos de auscultación

TIPO DE DATO	NIVEL DE RED	NIVEL DE PROYECTO
Rugosidad	Descripción del estado actual Predicción del estado futuro Base para el análisis y programación	Calidad superficial Curvas de deterioro Estimar espesor de recubrimiento
Grietas superficiales	Descripción del estado actual Predicción del estado futuro Identificar necesidades presentes y futuras Programar mantenciones Determinar la efectividad de los tratamientos.	Seleccionar los tratamientos de mantención Identificar las necesidades de mejoramiento Determinar la efectividad de los tratamientos Identificar las necesidades de rehabilitación
Fricción superficial	Descripción del estado actual Predicción del estado futuro Priorizar la programación Determinar la efectividad de los tratamientos.	Determinar efectividad de los tratamientos
Deflexión	Descripción del estado actual Predicción del estado futuro Identificar insuficiencias estructurales Priorizar rehabilitación Determinar restricciones de carga.	Entradas al diseño de recubrimiento Determinar la suficiencia estructural Estimar vida remanente Estimar restricciones de carga remanentes
Propiedades del material de las capas	Estimar la variabilidad entre secciones Desarrollar bases para mejorar los estándares de diseño.	Entradas al diseño de recubrimiento Proveer registros de construcción
Geotecnia	Definir características generales de los terrenos de fundación.	Descripción de las características geotécnicas del sector. Identificación estabilidad de cortes y terraplén.

Fuente: Gestión de Infraestructura Vial, Hernán de Solminiha
Elaborado por: Daniel Vega

Tabla 4: Clases de datos históricos

TIPO DE DATO	NIVEL DE RED	NIVEL DE PROYECTO
Historia de la mantención	Programa de la mantención. Evaluar la efectividad de la mantención. Determinar efectividad de los costos de las alternativas de diseño.	Identificar los problemas de la sección.
Historia de la construcción	Evaluar efectividad de la construcción. Determinar efectividad de los costos de las alternativas de diseño y las prácticas de construcción. Determinar necesidad de implementar procedimientos que aseguren calidad.	Proveer registros de construcción. Proveer retroalimentación al diseño.
Historia de tránsito	Priorizar la programación. Estimar tendencias del comportamiento.	Base para el diseño de pavimentos. Identificar métodos de cómo guiar el tránsito. Estimar vida remanente,
Historia de los accidentes	Desarrollar medidas. Priorizar la programación.	Determinar zonas de alto riesgo. Desarrollar medida .

Fuente: Gestión de Infraestructura Vial, Hernán de Solminihaç
Elaborado por: Daniel Vega

Tabla 5: Clase de datos políticos

TIPO DE DATO	NIVEL DE RED	NIVEL DE PROYECTO
Presupuesto	Priorizar la programación. Seleccionar estrategias de gestión.	Evaluación económica. Comparación de costos de los ciclos de vida.
Alternativas disponibles	Seleccionar estrategias de gestión. Priorizar la programación.	Evaluación económica. Comparación de costos de los ciclos de vida.

Fuente: Gestión de Infraestructura Vial, Hernán de Solminihaç
Elaborada por: Daniel Vega

Tabla 6: Clases de tránsito

TIPO DE DATO	NIVEL DE RED	NIVEL DE PROYECTO
Tipo de vehículo	Conocer las características físicas y económicas de los vehículos que circulan.	Conocer las características físicas y económicas de los vehículos que circulan.
Flota vehicular	Conocer las características de los vehículos que circulan en una red determinada.	Conocer las características de los vehículos que circulan en un proyecto determinado.
Volumen	Determinar los costos de operación y congestión.	Determinar los costos de operación y congestión.
Estratigrafía	Determinar los ejes equivalentes que solicitan los pavimentos.	Determinar los ejes equivalentes que solicitan los pavimentos.
Ejes equivalentes	Estimar el efecto de las cargas en el deterioro de los pavimentos.	Estimar el efecto de las cargas en el deterioro de los pavimentos.

Fuente: Gestión de Infraestructura Vial, Hernán de Solminihac
Elaborado por: Daniel Vega

Tabla 7: Clases de datos del medio ambiente

TIPO DE DATO	NIVEL DE RED	NIVEL DE PROYECTO
Drenaje	Evaluar el comportamiento de la red.	Evaluar el comportamiento de la sección.
Clima	Evaluar el comportamiento de la red.	Evaluar el comportamiento de la sección.

Fuente: Gestión de Infraestructura Vial, Hernán de Solminihac
Elaborado por: Daniel Vega

Tabla 8: Clases de datos de costos

TIPO DE DATO COSTOS	NIVEL DE RED	NIVEL DE PROYECTO
Costos de construcción	Priorizar la programación. Seleccionar estrategias de inversión de la red .	Evaluación económica. Selección de estrategia.
Costos de	Priorizar la programación.	Evaluar efectividad de la

mantención	Seleccionar estrategias de inversión de la red.	mantención. Seleccionar secciones a mantener.
Costos de rehabilitación	Priorizar la programación. Seleccionar estrategias de inversión de la red.	Evaluación económica . Seleccionar estrategias de rehabilitación.
Costos de usuarios	Priorizar la programación. Seleccionar estrategias de gestión.	Evaluación económica. Seleccionar estrategias de mitigación.

Fuente: Gestión de Infraestructura Vial, Hernán de Solminihaç
Elaborado por: Daniel Vega

1.5.2. Datos del inventario

Los Sistemas de Gestión de Pavimentos requieren de un inventario de la red vial o del proyecto a analizar. Es así, que sus características permanentes del pavimento, como ubicación, estructura y geometría, deben estar acorde al tiempo, recursos y selección de variables o elementos que serán usados en el inventario. Un inventario contiene las características permanentes del pavimento, por lo que existe una amplia variedad de datos que serán candidatos a considerarse. De esta forma, se encuentran los siguientes (Haas, 1993).

- Referencia (Ubicación)
- Descripción de la sección
- Geometría (clasificación y características físicas)
- Estructura del pavimento (espesores y materiales de cada capa)
- Características del suelo de fundación, CBR, módulo resiliente (Mr) y módulo de reacción de la subrasante (K)
- Cortes y terraplenes
- Medio ambiente y drenaje (condiciones locales)
- Obras de arte (puentes, alcantarillas)
- Señalización vertical
- Señalización horizontal
- Plazas de pesajes
- Iluminación
- Barreras

- Entre otras

El inventario vial es la base para el sistema de gestión de pavimentos, pues si es manejable y entendible se podrá reducir el tiempo y costo en su procesamiento y posterior análisis.

Ver Anexo 1 (Ficha para recolección de datos)

1.5.3. Importancia de la serviciabilidad de pavimentos

En este punto, hay que recalcar que la serviciabilidad de pavimentos no corresponde a una evaluación funcional completa, sino a una parte de esta, y a actividades como la auscultación de pavimento y la resistencia al deslizamiento, que también son parte de la evaluación funcional de una vía. En otras palabras, una vía puede tener una buena capacidad funcional, pero el hecho de que se presenten fisuras y baches, por ejemplo, representan que la capacidad estructural es deficiente.

Para resolver estas dificultades, los investigadores Carey e Irick (Carey, 1960) desarrollaron la prueba AASHO, en el año 59. Este es un procedimiento que explica las suposiciones básicas y son las siguientes:

- El pavimento debe proporcionar confort y seguridad al usuario.
- El confort y la calidad del rodado es un aspecto subjetivo o de opinión del usuario.

La serviciabilidad puede determinarse a partir del promedio de las evaluaciones de todos los usuarios. Este promedio da origen al índice Present Serviciability Rating (PSR), el cual por naturaleza, tiene carácter subjetivo.(ASSHTO, 1993:102)

Hay algunas características físicas del pavimento que pueden medirse objetivamente y pueden relacionarse con las evaluaciones subjetivas. Este procedimiento permite obtener un índice objetivo denominado Present Serviciability Index (PSI).

Se puede representar el comportamiento del pavimento de una manera sencilla mediante la historia de la serviciabilidad de dicho elemento. Por lo tanto, la serviciabilidad es, entonces, la percepción que tienen los usuarios del nivel del servicio del pavimento. Es por esta razón que la opinión de ellos es la que debe ser medida para

calificar la serviciabilidad, que de paso es aplicada a nivel mundial por la prueba AASHO (American Association of State Highway Officials). Además, se han ido agregando más modificaciones en los últimos 30 años. Esta evaluación está en una escala de 0 a 5 (tabla presentada en el siguiente capítulo), en donde una evaluación de 5 significa una superficie perfecta, mientras una nota 0 significa intransitable.

CAPÍTULO II

“PROPUESTA DE INSTRUMENTOS PARA FORMULAR EL MODELO DE REGISTRO”

2. Requerimiento de datos

Sistema de gestión integrado

Luego de haber analizado las características que conforman la gestión vial, a nivel general, es necesario aplicar estas herramientas en el sistema de gestión integral, para así ver en qué estado se encuentran las calles de esta propuesta de investigación, (calles centrales de la ciudad de Quito). Dada la importancia a nivel económico y físico, se debe contar con una herramienta eficaz que permita modelar y evaluar las distintas alternativas para la conservación de las calles en buen estado, bajo un estricto presupuesto, acorde a la realidad económica del país y una buena optimización de la red vial.

Para esto, es necesario desarrollar un sistema de Gestión Integral para la Mantenición de Pavimentos (GIMP) de asfalto y hormigón, acorde a los reglamentos internos y mundiales que requieren este tipo de trabajos. Este diseño lógico consiste en establecer un sistema de información que permita visualizar y coordinar en detalle la información y procesos involucrados, desde la medición en terreno, hasta la conformación de un programa regulado a nivel municipal, privado o del estado, sin olvidarse del Departamento de la Dirección de Vialidad, para lo cual el diseño consideró sus intereses y recursos disponibles. (Videla 1991:35).

Este modelo GIMP debe permitir un adecuado manejo de los recursos destinados a la conservación y la rehabilitación de las calles del centro de la ciudad de Quito, su objetivo es permitir la predicción del momento oportuno para realizar las conservaciones y los tipos de solución a materializar. Se debe aprovechar de la tecnología computacional para ingresar la información de inventario, antecedentes de construcción de las calles, mantención y comportamiento de los pavimentos, de la auscultación sistemática (irregularidad superficial, deflexión e inspección visual); así

como también las solicitudes de tránsito y efecto del clima. De esta manera, se hará una simulación de deterioro y se realizará la comparación de los indicadores económicos de las diferentes alternativas de conservación. A continuación se indican los elementos básicos que deben considerarse en una estructura de sistema de gestión integrado:

- Información de inventario de red: es la información relativa a las características de las calles que permanecen relativamente constantes en el tiempo, como su individualización de las calles, tipo de pavimento, capas constitutivas, suelo de fundación, número de pistas, pendientes, curvaturas, entre otras.
- Información de auscultación: es la información relativa a las características del estado del pavimento que varían en el tiempo, debido al deterioro por las solicitudes que el pavimento sufre y a las consecuencias de acciones de conservación que se realizan a lo largo de su vida útil. En la información se contempla el registro del deterioro superficial, características de rodadura y capacidad estructural. El sistema permite actualizar permanentemente los datos.
- Modelos de predicción: son modelos matemáticos que permiten predecir el comportamiento del pavimento en el futuro, de acuerdo a los antecedentes que de él se disponga. Así, es posible definir las probables fallas, los momentos en que se generarán y, por ende, se podrán asignar conservaciones oportunamente.
- Estándares de conservación: son acciones para conservar los pavimentos que se ejecutan o programan de acuerdo al nivel de deterioro del pavimento; entre otras acciones, están: riego, neblina, lechada asfáltica, reemplazo de losas, sello de agregados, recapado, reconstrucción etc.
- Evaluación económica de las alternativas de conservación: analizando las posibilidades existentes y optimizando la selección, se debe escoger aquella cuya relación de costo beneficio sea la más favorable, con lo cual se podrá configurar un programa de actuaciones a seguir.

- **Módulo de explotación:** es una herramienta que permite al administrador obtener la información del estado de pavimentos de la red y/o de los costos asociados para cualquier año del periodo evaluado y formular programas de conservación. Cabe resaltar que una de las características principales del modelo de registro que se presenta en esta tesis es la de ser comprensible para cualquier usuario, además que la recolección de datos se puede realizar con pocos instrumentos y conocimientos básicos del tema.

Para poder desarrollar la plantilla de registro y los elementos que integrarán la misma, se debe realizar un pequeño estudio acerca del tipo de auscultaciones que existen, y la justificación de cual será la escogida.

2.1. Tipos de Auscultación:

Tabla 9: Tipos de Auscultación

TIPO DE AUSCULTACIÓN	FUNCIÓN	CARACTERÍSTICA MEDIDA	METODOLOGÍAS Y EQUIPOS
Auscultación Funcional	Serviciabilidad	Regularidad Superficial	Dipstick
			Perfilómetro Laser
	Seguridad	Textura	Mancha de Arena
			Sistema Laser
		Resistencia al Deslizamiento	Scrim
			Péndulo TRRL
Auscultación Estructural	Capacidad de Soporte	Capacidad Estructural	FWD
			Ensayos Laboratorio
		Deterioro Superficial	Ins. Visual Manual
			Insp. Visual Digital

Fuente: Curso de gestión de pavimentos

Elaborado por: Hernán de Solminihaç

El criterio para optar por una metodología dependerá de:

- El nivel de detalle requerido, esto está ligado directamente al nivel de gestión (Red o Proyecto).
- Al tamaño de la muestra con la que se deberá trabajar, dependiendo del grado de precisión requerida.
- Equipo disponible para obtener las mediciones requeridas.

El tipo de auscultación con la que se trabajará es la estructural, debido a los parámetros que requiere, el tipo de resultados que se pueden conseguir y, sobre todo, por la sencillez de la metodología y el fácil acceso a los equipos requeridos, puntualmente utilizando la Inspección Visual.

Se define la auscultación como un proceso compuesto de dos fases, que permite, mediante el desarrollo sistemático, obtener datos del estado en una unidad de muestra de un pavimento y procesarlos para verlos reflejados en indicadores o índices objetivos. Se clasifica en auscultación Estructural y Funcional (Solminihaç, 2001). Los parámetros de estudio son clasificados en dos grupos: funcionales y estructurales. En el primer grupo encontramos características como: la rugosidad, y resistencia al deslizamiento. En el segundo grupo encontramos la capacidad estructural y los defectos superficiales (Ritchie et al, 1986). Estos se separan en tres grupos: agrietamiento, deterioro superficial y distorsión. Estos se obtienen a través de indicadores evaluados en forma manual, mediante la inspección visual. Esta metodología se puede definirse así: *“Método de Auscultación que permite identificar deterioros superficiales de un pavimento mediante el registro visual de diversas variables dentro de una Unidad de Muestreo”* (Solminihaç H. d., 2006:10).

Una vez determinado el tipo de auscultación y la metodología, que será la visual, se procede por escoger qué tipo de lineamientos tendrá el modelo de registro. A continuación se cita algunas de las varias metodologías de inspección visual que se emplean en la actualidad: los métodos del Ministerio de Obras Públicas (MOP Chile, 2001) el método SHRP de Estados Unidos (SHRP, 1993) y el método del Estado de Washington (WSDoT, 1992), entre los más importantes. El método en el que esta tesis se centrará es el Ministerio de Vivienda y Urbanismo de Chile (MINVU 1992), ya que presenta una metodología simplificada que se basa en la obtención de datos en forma visual de la condición del pavimento.

2.2. Método de MINVU de auscultación visual

El método del MINVU, consiste en la ejecución de una serie de procedimientos, todos regulados y normalizados para llegar a determinar un valor de Índice de Serviciabilidad (Ver MIEDPLAN, 1992). Cuando se presentan fallas asociadas a grietas con severidad baja y otros defectos con severidad alta, se presenta claramente la desventaja de este método que concretamente es el cálculo erróneo del valor de serviciabilidad, especialmente en el caso de pavimentos de hormigón. (Solminihac H. d., 2006:14)

Unidad de Muestra:

Para iniciar con el desarrollo del levantamiento de datos para el modelo de registro vial, hay que delimitar el lugar en el que se tomarán las muestras. Este proceso consiste en obtener información de la sección transversal de la calzada (entre solera izquierda y derecha). Es decir, medir ancho, definir las pistas que utilizan los vehículos y los deterioros que presentan. Para homogenizar la calle se balizará (segmentará) cada veinticinco metros la totalidad de la muestra, para:

- Pavimentos de hormigón de cemento portland, se cuentan grietas y fisuras que presente la losa cada 25m en toda la muestra.
- Pavimentos de hormigón asfáltico, se especifica el área de las grietas y fisuras en cada baliza.

2.3. Propuesta del formulario

Tabla 10: Propuesta de formulario

1- IDENTIFICACION				NUMERO DE REGISTRO:			
PROVINCIA:				FECHA DE REGISTRO:			
CIUDAD:							
CANTON:							
SECTOR:				COORDENADAS UTM		ALTITUD	
				NORTE	ESTE	m.s.n.m	
NODO INICIAL	CALLE 1:						
	CALLE 2:						
NODO FINAL	CALLE 1:						
	CALLE 2:						

Fuente: Gestión de Infraestructura Vial, Hernán de Solminihaç

Elaborado por: Daniel Vega

1- IDENTIFICACIÓN

Esta es la sección que encabeza el formulario, y es en la cual se reconoce el lugar en el que se llevará a cabo la toma de las muestras.

- Número de Registro: este número es con el cual se identificará el registro para posteriormente trasladarlo a una base de datos.
- Fecha de Registro: indica la fecha en la que se realiza el registro.
- Provincia: indica la provincia en la cual se lleva a cabo el registro.
- Ciudad: indica la ciudad en la cual se lleva a cabo el registro.
- Cantón: indica el cantón en el cual se lleva a cabo el registro.
- Sector: indica el sector en el cual se lleva a cabo el registro.
- Nodo Inicial: indica el punto inicial en el que se empezará a realizar el estudio y la toma de datos de la unidad de muestra. Se solicita la dirección de las calles en la que se encuentra ubicado este punto.
- Nodo Final: Indica el punto final de la unidad de muestra. Se solicita la dirección de las calles en la que se encuentra ubicado este punto.
- Coordenadas UTM: indica los puntos de ubicación tomados para el registro, en base al sistema de coordenadas universal transversal de Mercator. Para obtener estas coordenadas se requiere el uso de un sistema GPS.

- Altitud: indica el número de huso horario en el que se encuentra ubicado el nodo. De la misma manera, se requiere el uso de un sistema de GPS:

2- GRAFICO ESQUEMÁTICO.

En esta sección se realiza un pequeño esquema gráfico de la zona de muestra, donde se realiza el levantamiento de datos, con el fin de facilitar la orientación de la ubicación de los nodos.

3- SEÑALIZACION.

Tabla 11: Señalización

Abscisa	COORDENADAS UTM		POSICION	TIPO	Retroreflectividad
	NORTE	ESTE			

Fuente: Daniel Vega

Elaborado por: Daniel Vega

- Posición: Se solicita identificar el código de la posición a la que corresponde la señalización encontrada en la unidad de muestra, recordando que Señalización Horizontal se refiere a aquellas que se dibujan sobre el pavimento y que sirven para complementar las indicaciones de otras señales viales, como las verticales. Señalización vertical habla de las señales de regulación del tránsito dirigidas principalmente a los conductores de los vehículos, colocadas al costado de la vía o elevadas sobre la calzada. Los códigos son : 1= Horizontal y 2=Vertical.
- Tipo: Se solicita identificar visualmente el tipo de señalización encontrada en la unidad de muestra, se requiere el código correspondiente, para señales verticales: P= Preventivas, R= Reglamentarias, I= Informativas, D= Delineadoras, T= Trabajos; para señales horizontales: 1= Transversales, 2= Longitudinales, 3= Símbolos y Leyendas.
- Medición de Retroreflectividad: Se solicita el índice de retroreflectividad medida en mcd / m² /lux. Para lo solicitado se realizarán tres lecturas y se anotará el

promedio de éstas. Para realizar las medidas se requiere la utilización de un Reflectómetro (manual o móvil).

4- INFORMACIÓN GENERAL DEL PAVIMENTO.-

- Año de construcción: Indica el año en el que se realizó la pavimentación del tramo de pavimento comprendido entre el nodo inicial y el nodo final.
- Última intervención: indica el año en el que se realizó la última intervención, ya sea por reparación o mantenimiento del tramo de pavimento comprendido entre el nodo inicial y el nodo final.

Tabla 12: Información general del pavimento

Abscisa	Superficie de Rodadura		
Km	Tipo	Ancho	Estado

Fuente: Gestión de Infraestructura Vial, Hernán de Solminiha
Elaborado por: Daniel Vega

- Abscisa: Se solicita identificar la abscisa de la unidad de muestra donde se realiza la medición.
- Tipo: Se solicita el código del tipo de pavimento identificado visualmente que se presenta en la unidad de muestra, 1= Hormigón, 2= Mezcla Asfáltica, 3= Tratamiento Superficial, 4= Adoquines, 5= Empedrado, 6= Ripio, 7= Tierra, 8= Otro. Cuando se utilice el código 8 se debe especificar el tipo de pavimento en observaciones.
- Ancho: Se solicita el ancho de la superficie de rodadura, la dimensión será medida en metros utilizando dos decimales.
- Estado: Se solicita el código del estado del pavimento que se presenta en la siguiente tabla de calificación:

Tabla 13: Calificación de la serviciabilidad según AASTHO

Calificación		Descripción
Númérica	Verbal	
5,0 4,0	Muy Buena	Solo los pavimentos nuevos (o casi nuevos) son lo suficientemente suaves y sin deterioro para poder ubicar se en esta categoría. La mayor parte de los pavimentos construidos o recuperados durante el año de inspección normalmente se clasificarían como muy buenos.
4,0 3,0	Buena	Los pavimentos de esta categoría, si bien no son tan suaves como los “Muy buenos”, entregan un manejo de primera clase y muestran muy poco o ningún signo de deterioro superficial. Los pavimentos flexibles pueden estar comenzando a mostrar signos de ahuellamiento y fisuramiento aleatorio. Los pavimentos rígidos pueden estar empezando a mostrar evidencias de un leve deterioro superficial, como desconches y fisuras menores.
3,0 2,0	Regular	En esta categoría la calidad de manejo es notablemente inferior a la de los pavimentos nuevos y puede presentar problemas para altas velocidades de tránsito. Los defectos superficiales en pavimentos flexibles pueden incluir ahuellamiento, parches y agrietamiento. Los pavimentos rígidos en este grupo pueden presentar fallas en las juntas, agrietamiento, escalonamiento y pumping.
2,0 1,0	Mala	Los pavimentos en esta categoría se han deteriorado hasta un punto donde pueden afectar la velocidad de transito de flujo libre, los pavimentos flexibles pueden tener grandes baches y grietas profundas. El deterioro incluye pérdida de áridos, agrietamiento y ahuellamiento, y ocurre en un 50% o más de la superficie. El deterioro en pavimentos rígidos incluye el desconche de juntas, escalonamiento, parches, agrietamiento y bombeo.
1,0 0,0	Muy Mala	Los pavimentos en esta categoría se encuentran en una situación de extremo deterioro. Los caminos se pueden pasar a velocidades reducidas y con considerables problemas de manejo. Existen grandes baches y grietas profundas. El deterioro ocurre en un 75% o más de la superficie.

Fuente:AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials)

Elaborado por: Daniel Vega

Tabla 14: Fallas en pavimentos asfálticos

Fallas en Pavimentos Asfálticos						
%	% Parch	% Desp.		mm.	Coefic.de	Tipo de
Grietas	Baches	Superf.	% Exud.	Ahuella	rugosidad	Falla

Fuente: Gestión de Infraestructura Vial, Hernán de Solminihac
Elaborado por: Daniel Vega

- Porcentaje de grietas: Se solicita el porcentaje de grietas que se encuentra en las unidades de muestra, dentro de la zona de muestra. Para realizar esta medición se debe tomar en cuenta que existen:

- Grietas estructurales lineales angostas, que son roturas en la carpeta asfáltica y presentan hendiduras de abertura menor o igual a 3 mm. Generalmente siguen el sentido de una línea recta.
- Grietas estructurales lineales anchas*, son roturas en la carpeta asfáltica, presentan hendiduras de abertura mayores a 3 mm, y generalmente siguen el sentido de una línea recta.

Para este tipo de grietas se debe medir el total de su longitud en metros en cada unidad de muestreo. Para después realizar la suma con las otras muestras, se tiene que multiplicar por el ancho de 0.003 m en el caso de las angostas y por un ancho promedio para las anchas. De esta manera, se obtendrá una medida en m².

- Grietas estructurales tipo piel de cocodrilo angostas, que son roturas en la carpeta asfáltica de ancho menor o igual a 3 mm, enlazadas de tal manera que forman una serie de polígonos que se asemejan a una piel de cocodrilo.
- Grietas estructurales tipo piel de cocodrilo anchas, que son roturas en la carpeta asfáltica de ancho mayor a 3 mm, enlazadas de tal manera que forman una serie de polígonos que se asemejan una piel de cocodrilo.

- Para realizar su medición se debe registrar el área de los cuadriláteros que delimitan a las grietas de cocodrilo, que se presentan en una unidad de muestreo, se las mide en m^2 .

•

- v. Grietas térmicas angostas, que son roturas en la carpeta asfáltica de ancho menor a 3 mm, producidas por los cambios volumétricos de la mezcla asfáltica, al experimentar sucesivas contracciones y dilataciones, producto del gradiente térmico de la zona climática.
- vi. Grietas térmicas anchas, que son roturas en la carpeta asfáltica de ancho mayor a 3 mm, producidas por los cambios volumétricos de la mezcla asfáltica, al experimentar sucesivas contracciones y dilataciones, producto del gradiente térmico de la zona climática.

Para este tipo de grietas se debe medir el total de su longitud en metros en cada unidad de muestreo. Para realizar la suma con las otras muestras se debe multiplicar por el ancho de 0.003 m en el caso de las angostas y por un ancho promedio para las anchas, de esta manera se obtendrá una medida en m^2 . Una vez obtenida la suma de todas las grietas, se obtiene el porcentaje con una regla de tres simple, utilizando el área total de la unidad de muestra. (Solminihaç H. d., 2006:14)

- Porcentaje Parche: se solicita el cálculo del porcentaje de área afectada por parches en baches. Se mide el área del cuadrilátero que circunscribe al bache en m^2 . Se obtiene el porcentaje con una regla de tres simple, utilizando el área total de la suma de la unidad de muestra.
- Porcentaje de Desprendimiento Superficial: se solicita el cálculo del porcentaje de desprendimiento superficial dentro de las unidades de muestra. El desprendimiento superficial, también conocido como pérdida de áridos es el desprendimiento de áridos en la superficie de pavimento por la acción continua del tránsito, debido a riegos asfálticos defectuosos. Este deterioro se presenta en forma de estrías longitudinales ubicadas en cualquier parte de la superficie de rodadura y en forma más pronunciada en la zona de rodado. La medición se realiza aplicando la siguiente fórmula:

Gráfico 10: Porcentaje de pérdida de áridos

$$\text{Pérdida de Áridos (\%)} = \frac{\Delta_{\text{UM}} \text{ Áreas de los cuadriláteros que circunscriben al defecto}}{\text{Área de la UM}} \times 100$$

Fuente: <http://www.ingenierocivilinfo.com/2011/09/indice-de-serviciabilidad-pavimentos-de.html>

Elaborado por: Daniel Vega

- Porcentaje de Exudación: se solicita el cálculo del porcentaje de exudación, que es la presencia localizada de ligante libre, por emigración hacia la superficie del pavimento, o generalizada por exceso del ligante en la mezcla, con áridos totalmente sumergidos. La medición se realiza aplicando la siguiente fórmula:

Gráfico 11: Porcentaje de exudación

$$\text{Exudación (\%)} = \frac{\Delta_{\text{UM}} \text{ Área(s) de los cuadriláteros que circunscriben al defecto}}{\text{Área de la UM}} \times 100$$

Fuente: <http://www.ingenierocivilinfo.com/2011/09/indice-de-serviciabilidad-pavimentos-de.html>

Elaborado por: Daniel Vega

- Ahuellamiento: se solicita la medición del ahuellamiento que se presenta en las unidades de muestra. Se conoce como ahuellamiento a las depresiones en la sección transversal que se encuentran a lo largo de la huella de rodado de vehículos, por la acción del tránsito en las zonas de rodado. Para su medición, se materializa la superficie teórica (sin deformación) con un elemento rígido horizontal y se mide el descenso en mm. Se registra el mayor de los valores encontrados. (Solminihaç H. d., 2006:16)
- Coeficiente de Rugosidad: Se solicita identificar el código del coeficiente de rugosidad por medio de una inspección visual. Los códigos son: 1= Perfectamente

liso, 2= Algo rugoso, 3= Medianamente Rugoso, 4= Rugosidad alta y 5= Extremadamente rugoso

- Tipo de Falla: Se solicita identificar el código del tipo de falla por medio de una inspección visual. Los códigos son: 1= Grietas y Fisuras Longitudinales, 2= Grietas y Fisuras Transversales, 3= Grietas y Fisuras Diagonales, 4= Grietas Piel de cocodrilo, 5= Desconche, 6= Hoyos y Parches, 7= Hundimientos, 8= Desgastes, 9= Desprendimiento de carpetas y 10= Deformaciones.

Tabla 15: Descripción de espaldones

Espaldón Izquierdo			Espaldón Derecho			Separador	Cunetas	
Tipo	Ancho	Estado	Tipo	Ancho	Estado	Central (m)	Tipo	Estado

Fuente: Gestión de Infraestructura Vial, Hernán de Solminiha

Elaborado por: Daniel Vega

- Tipo de espaldón: Se solicita identificar el código del espaldón por medio de una inspección visual. Los códigos son: 0= No existe, 1= Pavimentada, 2= Lastrada, 3= Tierra.
- Ancho de espaldón: se solicita medir el ancho de el espaldón en metros.
- Estado de Espaldón: se solicita identificar el código del estado en el que se encuentra el espaldón por medio de una inspección visual. Los códigos son: 1= Bueno, 2= Regular bueno, 3=Regular, 4= Regular malo, 5= Malo, 6= Pésimo.
- Separador Central: se solicita medir el ancho del separador central en el caso que exista en la unidad de muestra, caso contrario especificarlo en observaciones. La medida se requiere en metros.
- Tipo de Cuneta: se solicita identificar el código del tipo de cuneta por medio de una inspección visual. Los códigos son: 0= No existe, 1= Revestida, 2= No Revestida.

- Estado de Cuneta: se solicita identificar el código del estado en el que se encuentra la cuneta por medio de una inspección visual. Los códigos son: 1= Bueno, 2= Regular, 3= Malo.

Tabla 16: Fallas en pavimento de hormigón

Fallas en Pavimento de Hormigón							
No. Griet sell.	No. Griet no sell.	No. Fis. sell	No. Fis. no sell	No. Losas	Ancho Losa	Largo Losa	Juntura

Fuente: Gestión de Infraestructura Vial, Hernán de Solminihac
Elaborado por: Daniel Vega

Previo al desarrollo de estos elementos cabe recalcar la diferencia entre grieta y fisura. Se denominan Grietas alas aberturas incontroladas de un elemento superficial que afectan a todo su espesor y las fisuras son todas aquellas aberturas incontroladas que afectan solamente a la superficie del elemento o a su acabado superficial.(Chico-Bazaga, 2012:1)

- N. De Grietas Selladas: se solicita contabilizar el número de grietas angostas, medianas y anchas que han tenido un tratamiento y han sido selladas, se cuentan las grietas que se encuentran en la unidad de muestra.
- N. De Grietas No Selladas: se solicita contabilizar el número de grietas angostas, medianas y anchas que se encuentran en la unidad de muestra.
- N. De Fisuras Selladas: se solicita contabilizar el número de fisuras angostas, medianas y anchas que han tenido un tratamiento y han sido selladas, se cuentan las grietas que se encuentran en la unidad de muestra
- N. De Fisuras no Selladas: se solicita contabilizar el número de fisuras angostas, medianas y anchas que se encuentran en la unidad de muestra.
- N. De Losas: se solicita contabilizar el número de losas encontradas en la unidad de muestra.

- Ancho de Losa: se solicita el ancho predominante de las losas encontradas en la zona de muestra.
- Largo de Losa: se solicita el ancho promedio de las losas en la zona de muestra.
- Juntura: se solicita medir en m la longitud de las juntas transversales y longitudinales existentes en la unidad de muestra.

Tabla 17: Información de Rejillas de Alcantarillas

4- INFORMACION DE REJILLAS DE ALCANTARILLAS									
Abscisa	COORDENADAS UTM		TIPO	Diam	Ancho	Alto	Long.	Cabezales	Estado
	NORTE	ESTE		(m)	(m)	(m)	(m)	(si/no)	

Fuente: Gestión de Infraestructura Vial, Hernán de Solminiha
Elaborado por: Daniel Vega

5- INFORMACIÓN DE REJILLAS DE ALCANTARRILLAS

Esta sección está destinada a obtener datos generales acerca de las rejillas de alcantarillas existentes en el tramo comprendido entre el nodo inicial y el nodo final.

- Abscisa: indica las abscisas de los lugares donde se encuentran ubicadas las rejillas de alcantarillas en el tramo comprendido entre los nodos inicial y final.
- Coordenadas UTM: se solicita las coordenadas norte y este de la ubicación de las rejillas de alcantarillas, provistas por un sistema GPS.
- Tipo: se solicita el código del tipo de rejilla de alcantarilla que se presenta, 1= Metálica, 2= Hormigón circular, 3= Hormigón Rectangular, 4= Otra. Cuando se utilice el código cuatro se debe especificar el tipo de alcantarilla en observaciones.

- **Diam:** se solicita el diámetro interno de las rejillas de alcantarillas, la dimensión será medida en m utilizando dos decimales.
- **Alto:** se solicita la altura medida desde la calzada hasta el filo de la tapa de la rejilla de alcantarilla, la dimensión será medida en metros utilizando dos decimales.
- **Longitud:** se solicita la longitud de la rejilla de alcantarilla, la dimensión será medida en metros utilizando dos decimales.
- **Cabezales:** Se solicita identificar si existen o no cabezales en la alcantarilla.
- **Estado:** Se solicita identificar visualmente el estado de la rejilla de alcantarilla, utilizando el código: 1= Mala, 2= Obstruida, 3= Regular, 4= Buena, y posteriormente, se debe especificar cualquier irregularidad en observaciones.

Tabla 18: Información de puentes

5- INFORMACION DE PUENTES									
Abscisa	COORDENADAS UTM		TIPO	Ancho (m)	Largo (m)	Gálibo (m)	Muros de ala	Protección lateral	Funcionamiento
	NORTE	ESTE							

Fuente: Modelo para realizar el inventario de vías en la provincia de Tungurahua, aplicando el programa Arcgis 8.3, Vinicio Almeida Lema
Elaborado por: Daniel Vega

6- INFORMACIÓN DE PUENTES

Esta sección está destinada a obtener datos generales acerca de los puentes existentes en el tramo comprendido entre el nodo inicial y el nodo final.

- **Tipo:** se solicita el código del tipo de material con el que fue construido el tablero del puente, se presenta: 1= Hormigón, 2= Metálico, 3= Mampostería, 4= Madera, 5=Peatonal. Cuando se utilicen otros materiales para las diferentes partes del puente se debe anotar en observaciones .

- Ancho: se solicita el ancho del puente, considerando los bordes internos de las aceras. La dimensión será medida en metros utilizando dos decimales.
- Largo: se solicita el largo del puente, la dimensión será medida en metros utilizando dos decimales.
- Gálibo: se solicita el gálibo del puente (distancia entre la parte inferior del puente y el nivel medio de agua, o la superficie de rodadura de la calzada), la dimensión será medida en metros utilizando dos decimales.
- Muros de ala: se solicita identificar y colocar el número del código: 0= No existe, 1= Hormigón, 2= Mampostería, 3= Gaviones.
- Protección lateral: se solicita identificar que tipo de protección lateral existe: 1= Pasamanos metálicos, 2= Pasamanos de hormigón, 3= Pasamanos de madera, 4= Mampostería, 5= No existe.
- Funcionamiento: se solicita identificar y evaluar visualmente, colocar el número del código correspondiente al funcionamiento del puente: 1= Correcto, 2= Parcial, 3= Peligroso.

Tabla 19: Información de eventos

6- INFORMACION DE EVENTOS							
Abscisa	COORDENADAS UTM		MURO		Tipo de	Fuente de Materiales	
	NORTE	ESTE	Tipo	Long.	Accidentes	Tipo	Observaciones

Fuente: Modelo para realizar el inventario de vías en la provincia de Tungurahua, aplicando el programa Arcgis 8.3, Vinicio Almeida Lema
Elaborado por: Daniel Vega

7- IDENTIFICACIÓN DE EVENTOS

Esta sección está destinada a obtener datos generales acerca de los eventos que se presentan en el tramo comprendido entre el nodo inicial y el nodo final.

- Tipo de muro: se solicita el código del tipo de muro encontrado: 1= Hormigón, 2= Mampostería, 3= Gaviones, 4= Guardavía.
- Longitud de muro: se solicita la longitud del muro, la dimensión será medida en m utilizando dos decimales.
- Tipo de Accidentes: se solicita el código del tipo de accidente encontrado en el tramo comprendido entre los nodos inicial y final. Los códigos son: 1= Derrumbes, 2= Asentamientos y 3= Deslizamientos.
- Fuente de materiales: se solicita identificar el tipo de material encontrado: 1= Mina o 2 = Cantera.

CAPÍTULO III

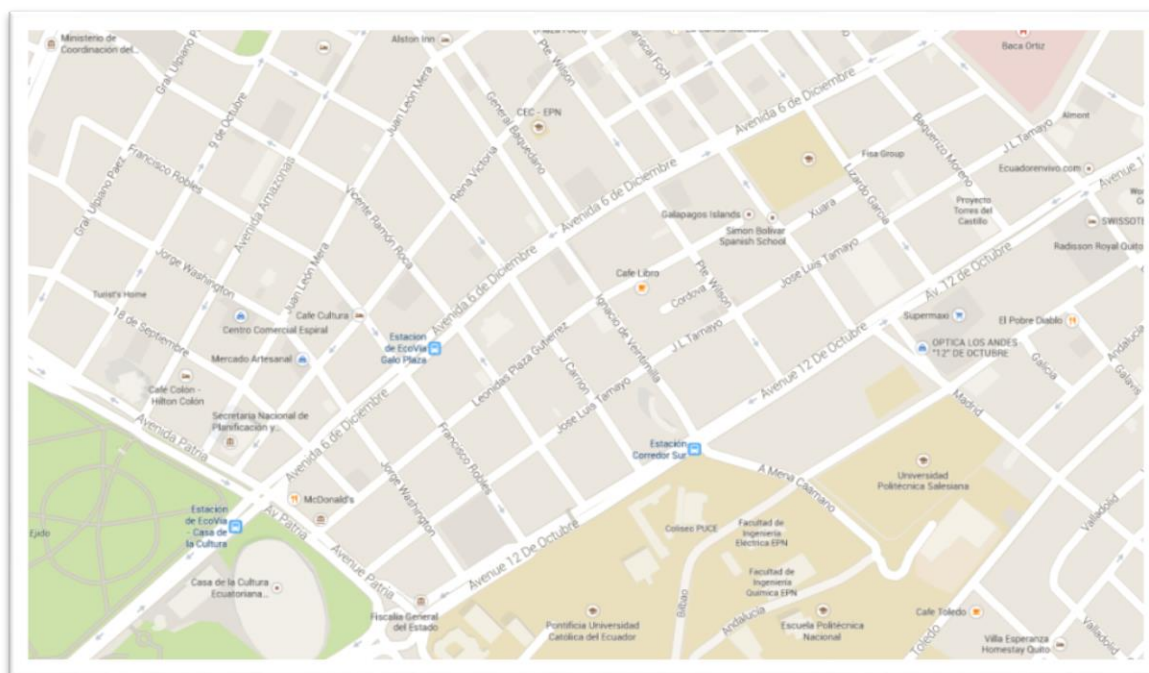
“CASO DE ESTUDIO Y APLICACIÓN DE INSTRUMENTOS”

3. Descripción del carácter de estudio del Modelo de Registro Vial

3.1.2. Población y Muestra

El universo proyectado para esta tesis corresponde a las calles que conforman el sector de La Mariscal en la ciudad de Quito. La muestra escogida corresponde a las calles comprendidas: al sur por la avenida Patria, al este por la avenida 12 de Octubre, al norte por la calle Luis Cordero y al oeste por la avenida 6 de Diciembre. La muestra presentada posee una serie de trabajos viales en sus calles, es por esta razón que es una opción adecuada para esta investigación.

Gráfico 12: Zona de Estudio



Fuente: Google Maps
Elaborado por: Daniel Vega

3.3 Procedimiento

Se procedió a realizar el levantamiento de datos en las calles que comprenden el área de estudio delimitada anteriormente. Para esta tarea se utilizó el formulario propuesto por este estudio, el cual fue llenado por el autor de esta investigación y dos colaboradores. Se utilizó además del formulario, una cinta métrica y un GPS Garmin GPS map 62sc con una precisión de ± 3 m. Se usó también un mapa base a escala 1:500 de la ciudad de Quito elaborado por el Instituto Geográfico Militar proyectado en UTM. Las características de las calles fueron tomadas cada 25 metros. Para el trabajo de gabinete se utilizó un computador MacBook Pro con los programas Data Geosis, Autocad y Excel.

3.4 Procesamiento y Análisis.

Al finalizar el levantamiento de datos en las calles de la muestra escogida para este estudio, se continuó con la elaboración de una base de datos y procesar la información obtenida. A partir de este punto, se realizaron cuadros estadísticos para facilitar la interpretación de los datos y así poder llegar a la evaluación de la muestra y posteriormente a las recomendaciones y conclusiones.

3.5 Análisis e Interpretación de Resultados.

Una vez culminado el levantamiento de las calles que se encuentran dentro de la zona de muestra, se han obtenido los siguientes datos:

3.5.1 Señalización

Tabla 20: Estado de los elementos de Señalización.

N-	Tipo	Posición	Estado

Fuente:Propia

Elaborado por: Daniel Vega

3.5.2 Información General del Pavimento.

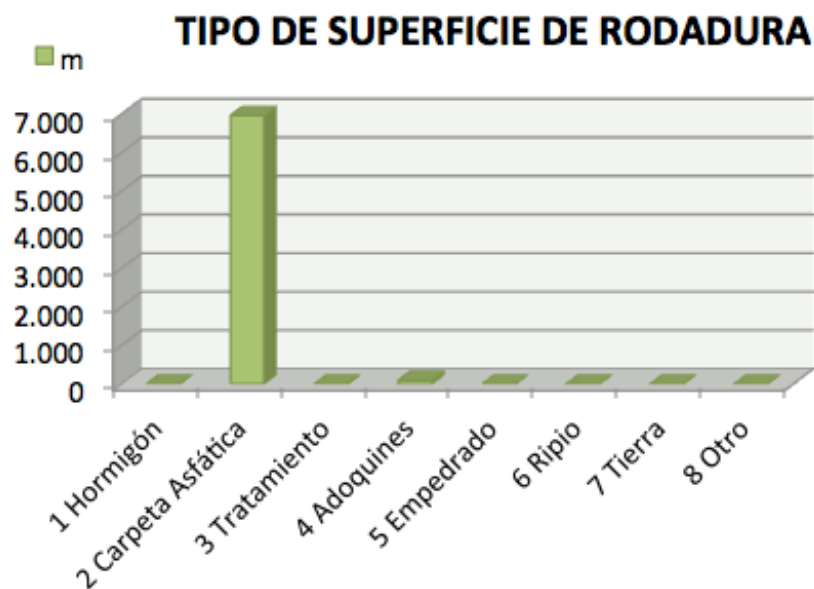
Tabla 21: Tipo de superficie de rodadura

TIPO DE SUPERFICIE DE RODADURA	LONGITUD (m)	%
1 Hormigón	0	
2 Carpeta Asfáltica	6965	98,58
3 Tratamiento Superficial	0	
4 Adoquines	100	1,41
5 Empedrado	0	
6 Ripio	0	
7 Tierra	0	
8 Otro	0	
Longitud Total de Calles inventariadas en el área de estudio (m)	7065	100

Fuente: Propia

Elaborado por: Daniel Vega

Gráfico 13: Tipo de superficie de rodadura



Fuente: Propia

Elaborado por: Daniel Vega

Debido a que el mayor porcentaje de tipo de rodadura es de carpeta asfáltica, el siguiente cuadro da a conocer el estado en el que se encontraron las calles que tenían este tipo de superficie de rodadura.

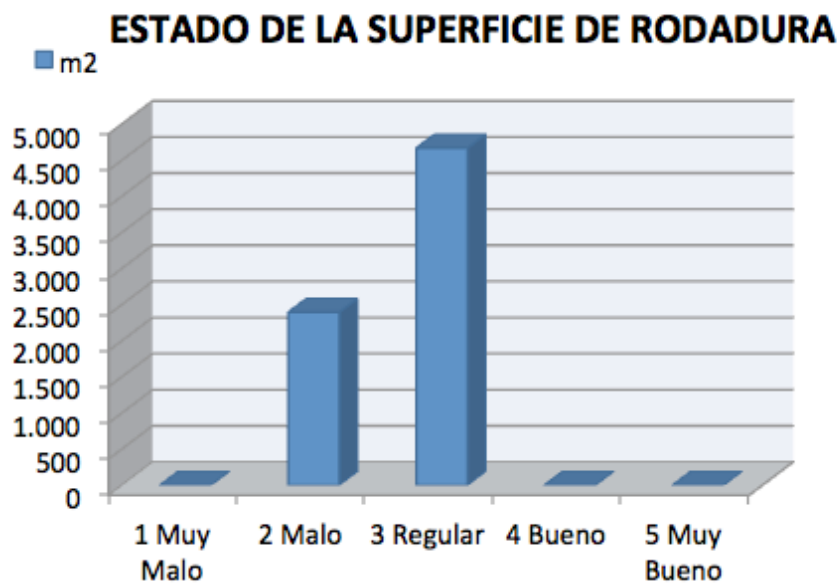
Tabla 22: Estado de la superficie de rodadura

TIPO DE SUPERFICIE DE RODADURA	AREA (m2)	ESTADO DE LAS VIAS (m2)				
		1 Muy Malo	2 Malo	3 Regular	4 Bueno	5 Muy Bueno
1 Hormigón	0					
2 Carpeta Asfáltica	48058,5		16525,5	31533		
3 Tratamiento Superficial	0					
4 Adoquines	690			690		
5 Empedrado	0					
6 Ripio	0					
7 Tierra	0					
8 Otro	0					
Longitud Total de Calles inventariadas en el área de estudio (m)	48748,5	0	16525,5	32223	0	0

Fuente: Propia

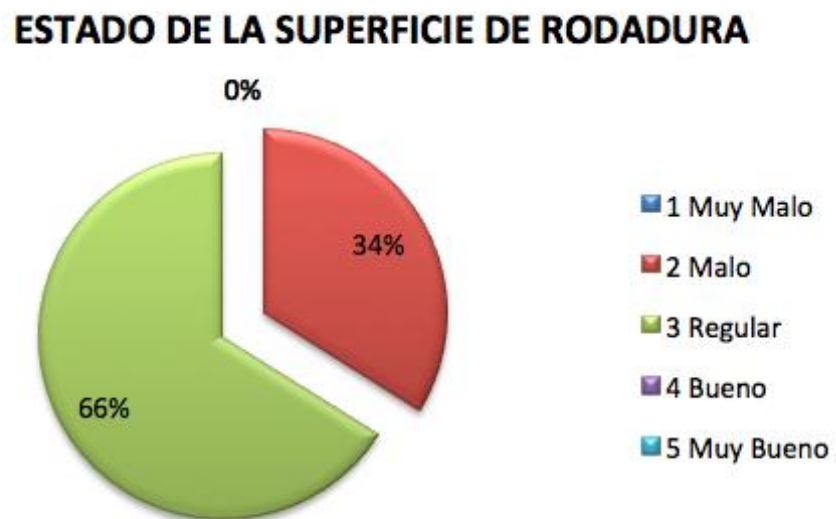
Elaborado por: Daniel Vega

Gráfico 14: Estado de la superficie de rodadura



Fuente: Propia
Elaborado por: Daniel Vega

Gráfico 15: Estado de la superficie de rodadura (en porcentaje)



Fuente: Propia
Elaborado por: Daniel Vega

3.5.3 Información de Rejillas de Alcantarillas.

A continuación se presentan los datos más relevantes obtenidos en este estudio.

Tabla 23: Tipo de rejilla de alcantarilla

Tipo de rejilla de alcantarilla	TOTAL
1 Metálica	301
2 Horm. Circular	
3 Horm. Rectan.	
4 Otra	
TOTAL	301

Fuente: Propia

Elaborado por: Daniel Vega

Tabla 24: Estado de rejilla de alcantarilla

Tipo de rejilla de alcantarilla	TOTAL (u)	ESTADO DE ALCANTARILLA			
		1 Mala	2 Obstruida	3 Regular	4 Buena
1 Metálica	301	2	33	28	238
2 Horm. Circular					
3 Horm. Rectan.					
4 Otra					
TOTAL	301	2	33	28	238

Fuente: Propia

Elaborado por: Daniel Vega

Gráfico 16: Estado de las alcantarillas (en porcentaje)



Fuente: Propia
Elaborado por: Daniel Vega

3.5.4 Información de Puentes.

Tabla 25: Ubicación de puentes inventariados

N-	Puente sobre/en	Calle	Parroquia	Coordenadas	
				Este	Norte
1	Calzada	Av. 12 de Octubre	Quito	-0,208947	-78,491821

Fuente: Propia
Elaborado por: Daniel Vega

Tabla 26: Tipos y dimensiones de puentes inventariados

N-	Puente sobre/en	Tipo	Ancho (m)	Largo (m)	Gálbo (m)
1	Calzada	Peatonal	2	30	8

Fuente: Propia
Elaborado por: Daniel Vega

3.5.5 Eventos.

Tabla 27: Eventos encontrados en el área de estudio

N-	Evento	Tipo	Longitud (m)	Observaciones

Fuente: Propia

Elaborado por: Daniel Vega

3.6 Comprobación de la Hipótesis

Al haber completado el proceso de formación de una base de datos para el estudio, se ha demostrado que se puede obtener información substancial para conocer el estado actual de las vías que son parte de la muestra tomada. Asimismo, el proceso indica que la información puede ser accesible para todo tipo de personas involucradas en toda el área de urbanidad y vías, sin importar el nivel de conocimiento.

El modelo de registro vial propuesto en esta disertación utiliza las metodologías más sencillas que tienen un alto grado de eficiencia, lo que permite utilizarlo sin ningún tipo de complicación. Cabe recalcar, sin embargo, que los equipos utilizados para el levantamiento de datos han sido equipos de bajo costo, es decir están a disposición de todos los usuarios del sistema sin requerir un presupuesto costoso, el único equipo que no se pudo utilizar debido a la falta de disponibilidad es el reflecto metro; el cual se iba a utilizar para medir el estado de reflectividad de las señales.

CAPÍTULO IV

4.1 CONCLUSIONES

- El objetivo general que se propuso en esta disertación de Generar un Instrumento de Campo que permita hacer el levantamiento de la infraestructura vial para la ciudad de Quito, se pudo cumplir satisfactoriamente en lo que respecta al área de pavimentos.
- No se podrá garantizar un trabajo adecuado en las vías de la ciudad de Quito si no se tiene un conocimiento real del estado en las que se encuentran, tampoco se podrán realizar obras preventivas para el buen mantenimiento de las calzadas.
- Al generar un instrumento de campo eficiente en esta investigación, se requiere un nuevo estudio específico para la optimización de la base de datos.
- Para asegurar una planificación de mantenimiento vial que logre cumplir todos sus objetivos, es necesario tener fuentes accesibles y confiables de los datos técnicos de las vías; solo de esta manera se podrá certificar la eficiencia de los trabajos futuros que se ejecuten con este propósito.
- El uso de un retro reflector es indispensable para realizar un estudio de las señales horizontales y verticales encontradas en la zona de muestra, la falta de este equipo imposibilitó la obtención de esos datos.
- Se registró un total de 301 rejillas metálicas de alcantarillas, de las cuales :
 - El 1% está en malas condiciones.
 - El 11% se encuentra obstruido por escombros o basura.
 - El 9% está en estado regular debido a su funcionamiento; y
 - El 79% se encuentra en buen estado.
- Al terminar el procesamiento de datos se registró un total de 7.065 m. de vías dentro de la zona de estudio, las mismas que están compuestas de la siguiente manera:

- Vías de hormigón (0%)
 - Vías de carpeta asfáltica (98, 58%)
 - Vías con tratamiento superficial (0%)
 - Vías adoquinadas (1,42)
 - Vías empedradas (0%)
 - Vías de ripio (0%)
 - Vías de tierra (0%)
 - Vías de otros componentes (0%)
- Del total de metros de superficie de rodadura inventariados se concluyelo siguiente:
 - 0% en estado muy malo.
 - 34% en estado malo.
 - 66% en estado regular.
 - 0% en estado bueno.
 - 0% en estado muy bueno.
 - Un dato particular es que este estudio demostró que en ninguna de estas vías existen cunetas.
 - En cuanto a puentes, en esta zona de muestra, solamente se halló un puente peatonal que actualmente está en buenas condiciones.
 - No se presentó ningún evento relevante que pueda ser registrado dentro de los parámetros de este estudio.

4.2 RECOMENDACIONES

- El modelo de registro vial es una herramienta existente que se debería poner en uso constante para así poder contar con un inventario anual de las calles de la ciudad de Quito.

- Existen programas que se están utilizando en el país por parte del sector privado, por ejemplo el software ARCGIS, que está diseñado para esta tarea, por lo cual se sugiere aplicar este valioso instrumento para la creación de la respectiva base de datos.
- Los datos obtenidos de esta investigación reflejan un estado real actual, por lo que se propone sea de conocimiento público, ya que el conocimiento pleno de la situación motivaría a las entidades publicas a cargo de las vías a desarrollar planes para un adecuado mantenimiento de éstas y así, cumplir a profundidad una auditoria acerca de los trabajos ejecutados.
- Esta base de datos al ser el pilar de todo un gran elemento llamado Gestión Vial, debe ser alimentado constantemente, para que pueda cumplir sus objetivos al ciento por ciento.
- Como recomendación final propongo que universidades y entidades seccionales realicen convenios para que sus alumnos sean incluidos en estos programas. De esta manera se creará conciencia sobre la realidad vial en nuestra Ciudad.

BIBLIOGRAFÍA

- AASHTO. (1993). *AASHTO Guide for Design of Pavement Structures*. Estados Unidos, Washington DC: Association of State Highway and Transportation Officials.
- AASHTO. (1990). *AASHTO Guidelines for Design of Pavement Management System*. American Association of State Highway and Transportation Officials, Washington DC: Association of State Highway and Transportation Officials.
- ASTM. (1995) *Standard Practices for simulating Vehicular Response in Longitudinal Profiles of a vehicular Traveled Surface*, American Society for Testing Materials ASTM E 1170-92.
- Croney, D. (1991) *The design and Performance of Road pavements*. England, London: McGraw Hill.
- De Solminihaç, H. (2005) *Gestión de Infraestructura Vial*. Colombia, Bogotá :Alfaomega.
- Federal Highway Administration. (1994) *Glossary of Transportation Terms*. Estados Unidos, Washington D.C: US Department of Transportation.
- Haas, R. Y Hudson, W. R. Y Zaniewski, J. (1993) *Modern Pavement Management*. Estados Unidos, Florida: R. E. Krieger Publishing Company, Florida.
- Lockhart, J. M. (1970) *Diseño de espesores de pavimentos flexibles para pavimentación urbana*. Argentina, Buenos Aires: Comisión permanente del asfalto.
- Manheim, M. L. (1979). *Fundamentals of Transportation System Analysis*. Inglaterra, Cambridge: The MIT Press.
- Strategic Highway Research Program (SHRP). (1993). *Distress Identification Manual for Long-Term Pavement Performance Project*. Estados Unidos, Washington: SHRP.

PÁGINAS WEB

<http://books.google.com.ec/books?id=cV6V-eqhp2AC&pg=PA190&lpg=PA190&dq=historia+avenida+colon+en+quito&source=bl&ots=IIfZ3cFY6J&sig=je1Q2Z9uvwrhIK31HEUsqcYBXR4&hl=es&sa=X&ei=5Kd7U54-6rvyAauvgagP&ved=0CD8Q6AEwAw#v=onepage&q=historia%20avenida%20colon%20en%20quito&f=false>

Argüello Godoy, J. (1994). *Manual Andino para la construcción y mantenimiento de empedrados*. Recuperado de

<http://www.ilo.org/public/spanish/employment/recon/eiip/download/guiacampo.pdf>

Arqhys. (2014). *Gaviones en la ingeniería civil*. Recuperado de <http://www.arqhys.com/construccion/gaviones-ingenieria-civil.html>

Chico-Bazaga, V. (2012). *Diferencia entre grieta y fisura*. Recuperado de <http://sabemosconstruir.com/2012/07/05/diferencia-entre-grieta-y-fisura/>

EPMMOP. (2012) *Mejorar la vialidad es una de las prioridades en Quito*. Recuperado de <http://www.epmmop.gob.ec/epmmop/index.php/sala-de-prensa/boletines-de-prensa/item/355-mejorar-la-vialidad-es-una-de-las-prioridades-en-quito?tmpl=component&print=1>

Ministerio de Transporte (2004). *Manual de señalización vial*. Recuperado de http://www.bucaramanga.gov.co/documents/dependencias/Manual_de_Senalizacion.pdf

Ministerio de Transporte y Obras públicas. (2012). *Instructivo para el llenado de formulario de eventos*. Recuperado de http://sitop.mtop.gob.ec:8080/mtop/mn/Instructivo_Eventos_Control_Patrullas.pdf

Verellen. (2014) *Cunetas*. Recuperado de <http://www.cverellen.com.ar/productos-agropecuarios-cunetas.php>

http://www.mtc.gob.pe/portal/home/documentos/transparencia/Publicaciones_Recientes/2010/Nov/InformeFinalMetodologia_Nov.pdf

<http://www.esacademic.com/dic.nsf/eswiki/779531>

<http://web.mintransporte.gov.co/pvr/images/stories/documentos/drenajes1>

<http://es.slideshare.net/deivi179217/manual-de-inpecciones>

http://www.slideshare.net/diaz_d/trabajo-de-informatica-paint-17323018 h

<http://locosporlahidraulica.blogspot.com/2011/08/badenes.html>

<http://es.slideshare.net/amfrom/inspeccion-visual-pavimentos-de-hormigon>

http://centrodeartigo.com/articulos-noticias-consejos/article_143494.html

<http://www.ilo.org/public/spanish/employment/recon/eiip/download/guiacampo.pdf>

http://sitop.mtop.gob.ec:8080/mtop/mn/Instructivo_Eventos_Control_Patrullas.pdf

<http://apuntesingenierocivil.blogspot.com/2010/09/tipos-de-pavimentos.html>

<https://prezi.com/ia1uycqo4opw/senales-de-transito/>

<http://www.arqhys.com/construccion/gaviones-ingenieria-civil.html>

<http://sabemosconstruir.com/2012/07/05/diferencia-entre-grieta-y-fisura/>

<http://www.ingenieracivil.com/2010/03/badenes.html>

[http://thales.cica.es/rd/Recursos/rd99/ed99-](http://thales.cica.es/rd/Recursos/rd99/ed99-005302/contenido/9_clasificacion_puentes.htm)

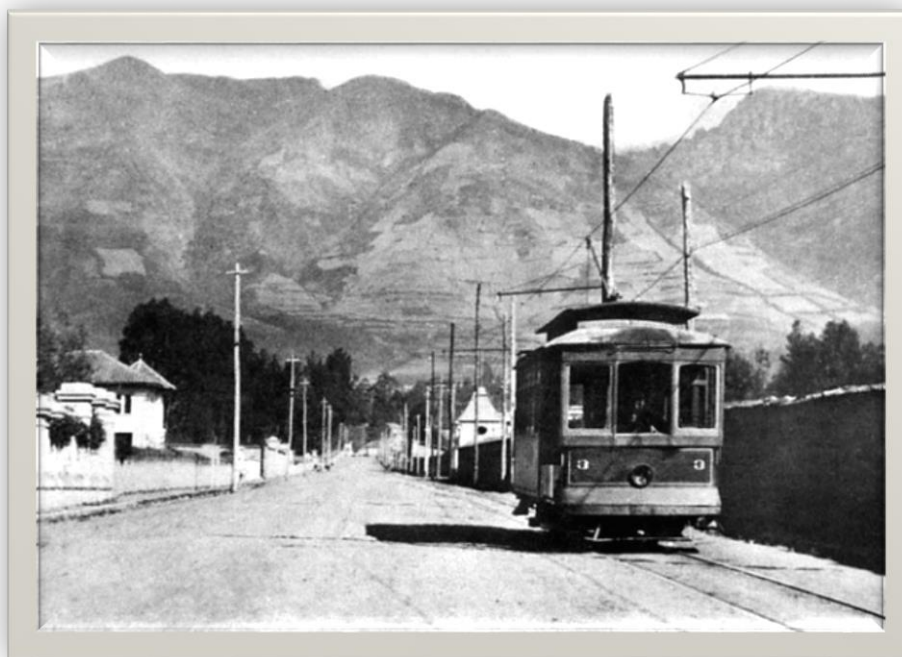
[005302/contenido/9_clasificacion_puentes.htm](http://thales.cica.es/rd/Recursos/rd99/ed99-005302/contenido/9_clasificacion_puentes.htm)

[http://thales.cica.es/rd/Recursos/rd99/ed99-0053](http://thales.cica.es/rd/Recursos/rd99/ed99-005302/contenido/9_clasificacion_puentes.htm)

[02/contenido/9_clasificacion_puentes.htm](http://thales.cica.es/rd/Recursos/rd99/ed99-005302/contenido/9_clasificacion_puentes.htm)

http://centrodeartigos.com/articulos-noticias-consejos/article_143494.html

Fotografía 1: Tranvía Av. Colón



Fuente:<http://quitobicentenario.com/descubre-quito/la-mariscal/>

Fotografía 2: Plataforma



Fuente:Daniel Vega

Fotografía 3: Alcantarillado



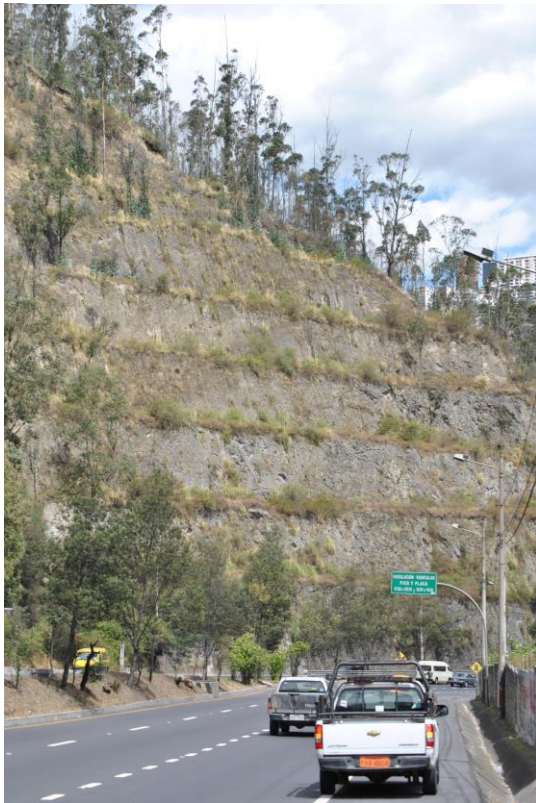
Fuente: FACSO

Fotografía 4: Drenes



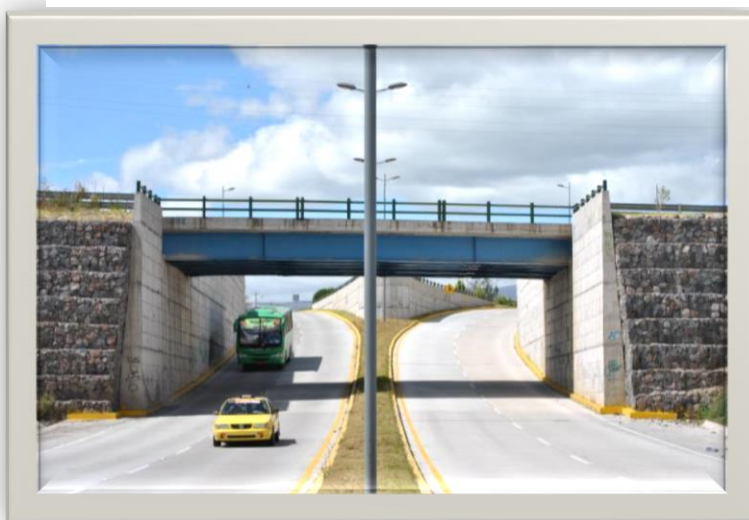
Fuente: Daniel Vega

Fotografía 2: Talud



Fuente: Daniel Vega

Fotografía 3: Puentes



Fuente: Daniel Vega

Fotografía 4: Señales preventivas



Fuente: Daniel Vega

Fotografía 5: Señales verticales reglamentarias



Fuente: www.eluniverso.com

Fotografía 6: Señales verticales informativas



Fuente: www.eluniverso.com

Fotografía 7: Señales especiales delineadoras



Fuente: **Daniel Vega**

Fotografía 8: Señales horizontales



Fuente: <http://www.munimagdalena.gob.pe/obras-municipales/obras-ejecutadas/mantenimiento-urbano/>

Fotografía 9: Señales transversales



Fuente: http://tulua.gov.co/sitio.shtml?scl=739&apc=E1n4--&scr_739_Go=5

4- INFORMACION DE REJILLAS DE ALCANTARILLAS										Códigos
Abscisa	COORDENADAS UTM		TIPO	Diam (m)	Ancho (m)	Alto (m)	Long. (m)	Cubrecables (si/no)	Estado	<u>Alcantarillas</u>
	NORTE	ESTE								Tipo de alcantarilla
										1 Metálica
										2 Horm. Circular
										3 Horm. Rectan.
										4 Otra (describe)
										Estado de alcantarilla
										1 Mala
										2 Obstruida
										3 Regular
										4 Buena
5- INFORMACION DE PUENTES										<u>Puentes</u>
Abscisa	COORDENADAS UTM		TIPO	Ancho (m)	Largo (m)	Girib (m)	Muros de ala	Protección lateral	Tubo/Canal	Tipo de Puente
	NORTE	ESTE								1 Hormigón
										2 Metálico
										3 Mampostería
										4 Madera
										Muros de ala
										0 No existe
										1 Hormigón
										2 Mampostería
										3 Gaviones
										Protección Lateral
										1 Pasamanos metálico
										2 Pasamanos hormigón
										3 Pasamanos madera
										4 Mampostería
6- INFORMACION DE EVENTOS										5 No existe
Abscisa	COORDENADAS UTM		MURO		Tipo de Accidentes	Fuente de Materiales				Funcionamiento
	NORTE	ESTE	Tipo	Long.		Tipo	Observaciones			1 Correcto
										2 Parcial
										3 Peligroso
										<u>Eventos</u>
										Tipo de accidentes
										1 Derribos
										2 Asentamientos
										3 Deslizamientos
										Fuente de Materiales
										1 Mina
										2 Cantero
										Tipo de Muro
										1 Hormigón
										2 Mampostería
										3 Gaviones
										4 Guandavía
Observaciones:										